

OTTO LUIZ GANTZEL

**AVALIAÇÃO DAS FLORESTAS DE *Araucaria angustifolia*
(Bert.) O. Ktze DO SUL DO BRASIL, ATRAVÉS DE IMAGENS DO
SATÉLITE LANDSAT-II**

Dissertação submetida à consideração
da Comissão Examinadora, como re-
quisito parcial na obtenção do Título
de "Mestre em Ciências — M.Sc.", no
Curso de Pós-Graduação em Engenharia
Florestal do Setor de Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

1979



P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato OTTO LUIZ GANTZEL, sob o título "AVALIAÇÃO DAS FLORESTAS DE Araucaria angustifolia (BERT.) O. KTZE, DO SUL DO BRASIL, ATRAVÉS DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT-II", para obtenção do grau de Mestre em Ciências - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, área de concentração MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato e realizada a atribuição de conceitos, são de parecer pela "APROVAÇÃO COM DISTINÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o Grau e o Diploma de Mestre.

Curitiba, 30 de agosto de 1979

Professor Maurice Arthur Keech - M.Sc
Primeiro Examinador

Professor Joésio Deoclécio Pierin Siqueira - M.Sc
Segundo Examinador

Professor Roberto Tuyoshi Hosokawa - Ph.D
Presidente



BIOGRAFIA

OTTO LUIZ GANTZEL, filho de Orlando Antonio Gantzel e Alda Bertoldi Gantzel, nasceu em Curitiba, capital do Estado do Paraná, a 30 de julho de 1948.

Concluiu o Curso Primário no Grupo Escolar 19 de dezembro e o Secundário no Colégio Internato Paranaense, ambos em Curitiba.

Em 1965, ingressou na Escola de Formação de Oficiais da Polícia Militar do Paraná, tendo sido declarado Aspirante a Oficial pelo Exmo. Sr. Governador do Estado a 14 de dezembro de 1968.

Em 1969 foi promovido ao posto de Segundo Tenente, através de Carta Patente/Decreto nº 16.199 e subsequentemente a Primeiro Tenente em 12 de agosto de 1971.

Ainda em 1971 iniciou o Curso de Engenharia Florestal na UFPR, graduando-se em dezembro de 1974.

Em 1975, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, com especialização na Área de Manejo Florestal.

Em 12 de agosto de 1975, foi agraciado com a Medalha Militar de Bronze.

Exerceu por dois anos o cargo de Professor Colaborador, tendo sido, em setembro de 1978, contratado como Professor Visitante do Departamento de Silvicultura e Manejo pelo Programa de Ensino Agrícola Superior - PEAS, cargo que exerce atualmente.

Aos meus pais
e irmãos.

À AGLAÉ minha esposa, e à
SILVIANE e SUZANE, minhas filhas

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao orientador, Professor Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa, pela orientação, estímulos e amizade.

Ao Professor Dr. Maurice Arthur Keech, pelos valiosos ensinamentos e sugestões.

Ao Major PM Ângelo Rogero Bonilauri, pela compreensão e estímulos.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR, pela compreensão e oportunidade na realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro.

Ao Instituto de Pesquisas Espaciais e Analistas do Sistema I-100, pelo fornecimento dos dados, utilização e orientação do equipamento.

À Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, por permitir a utilização do material.

Aos Professores Joésio D.P. Siqueira e Attilio A. Disperati, pelas sugestões apresentadas.

Ao Acadêmico José E. Binder pela dedicação no preparo das ilustrações.

Ao Sr. Ivo José Rover, pela datilografia e composição.

Aos demais professores e a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram na execução deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Ilustrações	vii
Lista de Quadros	ix
Lista de Mapas	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Natureza e implicação do problema	4
1.2 Objetivos	7
2. REVISÃO DA LITERATURA	8
2.1 Generalidades do Sensoriamento Remoto	8
2.2 Situação operacional dos satélites Landsat....	11
2.3. O Sistema Landsat no Brasil	11
2.4 Elementos componentes do Sistema Landsat	12
2.5 Vantagens e desvantagens do Sistema	18
2.6 Reflectância espectral nas imagens Landsat ...	25
2.7 Técnicas de interpretação	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	40
3.1 Características gerais da área de estudo	40
3.1.1 Distribuição Geográfica	40
3.1.2 Geomorfologia, Relevo e Geologia	40
3.1.3 Solos	43
3.1.4 Clima	45
3.2 Características gerais das florestas de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze	51
3.3 Materiais	54
3.3.1 Produtos Landsat	54

3.3.2	Recobrimento aerofotogramétrico, cartas topográficas e florestais	57
3.3.3	Recursos materiais para o trabalho de campo ..	58
3.3.4	Sistema Image-100	59
3.3.5	Material de escritório	59
3.3.6	Recursos materiais para determinação de áreas.	60
3.4	Metodologia	60
3.4.1	Levantamento de informações bibliográficas ...	60
3.4.2	Escolha das áreas-teste para verificação de campo	60
3.4.3	Descrição das áreas de treinamento	61
3.4.3.1	- Mangueirinha	61
3.4.3.2	- Quedas do Iguaçu	63
3.4.3.3	- Mamborê - Nova Cantu - Roncador	64
3.4.4	Considerações gerais a respeito das áreas-teste	65
3.4.5	Interpretação visual de imagens monocromáticas.	66
3.4.6	A utilização do Sistema de Análise de Imagens Multiespectrais	66
3.4.7	O mapeamento final	69
3.4.8	Determinação de áreas	69
4.	RESULTADOS	70
4.1	Interpretação visual de imagens monocromáticas	70
4.2	Estabelecimento da tipologia florestal	70
4.3	Interpretação visual dos diapositivos das áreas-teste	71
4.3.1	Mangueirinha	71
4.3.2	Quedas do Iguaçu	72

	Página
4.3.3 Mamborê - Nova Cantu - Roncador	76
4.4 Mapeamento	84
4.5 Determinação de áreas	84
5. DISCUSSÃO	87
5.1 Reflectância espectral	87
5.2 Metodologia	88
5.3 Tipologia florestal	90
5.4 Dificuldades	91
5.4.1 Nuvens	91
5.4.2 A qualidade	92
5.4.3 Inclinação do Sol e sombras	92
6. CONCLUSÕES	93
6.1 Gerais	93
6.2 Interpretação visual de imagens monocromáticas.	94
6.3 Interpretação visual dos diapositivos coloridos	95
7. RESUMO	97

SUMMARY

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura		Página
01	O Sistema Landsat no Brasil	13
02	Elementos componentes do Sistema Landsat	14
03	Imageador multiespectral	16
04	Orientação das câmaras RBV	16
05	Reflectância espectral em coníferas e folhosas.	28
06	O espectro eletromagnético e as regiões de ope- ração de alguns sensores remotos	28
07	Curvas de reflectância espectral de vegetação verde e solos secos ao ar	34
08	Área de distribuição geográfica natural da A- <i>raucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze	41
09	Localização da área da pesquisa	42
10	Localização dos perfis geológicos da área da pesquisa	44
11	Principais Associações de Solos da Região Sul.	46
12	Mapa climático da Região Sul	47
13	Temperatura média anual	49
14	Mapa de precipitação da Região Sul do Brasil .	50
15	Mapa de distribuição de geadas	52
16	Cobertura de imagens Landsat para a área da pesquisa	56
17	Localização das áreas de treinamento	62
18	Área-teste de Mangueirinha. Colorido normal com alongamento dos contrastes	73

Figura		Página
19	Área-teste de Quedas do Iguaçu. Colorido normal com alongamento dos contrastes	77
20	Área-teste de Quedas do Iguaçu. Inverso do colorido normal com alongamento dos contrastes.	78
21	Área-teste Mamborê - Nova Cantu - Roncador - Colorido normal com alongamento dos contrastes	80
22	Área-teste Mamborê - Nova Cantu - Roncador - Inverso do colorido normal com alongamento dos contrastes	81
23	Quadrícula Telêmaco Borba. Colorido normal com alongamento dos contrastes	83
24	Reflectância espectral de uma folha verde ...	89

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
01	Bandas espectrais de captação de dados dos sensores do Satélite	17
02	Imagens utilizadas na pesquisa	55
03	Fitas compatíveis a computador utilizadas na pesquisa	57
04	Fotografias aéreas utilizadas na pesquisa	58
05	Combinações de cores reveladas pelo Sistema I-100	68
06	Determinação de áreas para as Regiões de Florestas de Araucaria (em hectares)	86
07	Cobertura de nuvens e neblina das imagens Landsat para o Sul do Brasil	92

LISTA DE MAPAS

Mapa		Página
01	Mangueirinha	74
02	Quedas do Iguaçu	79
03	Mamborê - Nova Cantu - Roncador	82
04	Telêmaco Borba	85

1. INTRODUÇÃO

Indiscutivelmente, a cobertura florística do globo sempre fascinou e atraiu. Inúmeros naturalistas e pesquisadores voltaram existências inteiras ao seu estudo.

A ênfase geógrafo-cartográfica dos homens, obviamente motivada pelo espírito de desbravamento que os têm levado aos mais afastados rincões, vai agora encontrando limitações porque pouco resta a ser explorado.

O progressivo acesso do homem à cultura e o acelerado desenvolvimento da civilização atual, através da descoberta e aplicação de métodos cada vez mais sofisticados e eficientes de exploração dos recursos naturais, determinam uma intensa e descontrolada devastação, ocasionada pelo interesse imediatista da produção de madeira e pela afã da implantação de projetos agropecuários.

Contudo, o desequilíbrio não é tão somente ecológico, mas também de produtos alimentícios, de energia e do acentuado crescimento demográfico do Brasil e do Mundo.

A questão da exploração florestal no Brasil é um assunto bastante debatido atualmente, principalmente no que concerne à floresta amazônica, uma vez que o desbravamento surge, justamente onde não existe ninguém a impedir tal destruição.

Nos Estados do Sul, as florestas nativas foram explo-

radas livremente e sem planificação; extraíndo-se desordenadamente as espécies mais valiosas e deixando-se aquelas menos aproveitáveis, o que certamente conduz a uma deterioração genética irreversível, em especial no que tange à *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, a mais imponente espécie da flora dendrológica nativa, conquistou a hegemonia no setor florestal, propiciando a instalação de centenas de serrarias, dada a grande homogeneidade e densidade dos maciços e à excelência da madeira. Está confinada aos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde são encontradas matas nativas e reflorestamentos; em pequena ocorrência nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, e ainda na Província de Misiones, na Argentina.

Segundo MAACK³², de uma superfície aproximada de 201.203 km², o Paraná contava com uma cobertura vegetal primitiva de 168.482 km², o que representava 83,4% do território paranaense, sendo 73.780 km² de matas de araucaria, equivalente a 36,67% do Estado. Em 1930, o pinheiro-do-paraná estava reduzido a 39.580 km² e em 1965 restavam apenas 15.932 km².

Então, em 1966, foi executado o Inventário de Reconhecimento do Pinheiro no Sudoeste do Paraná, pela Comissão de Estudos dos Recursos Naturais Renováveis do Estado do Paraná - CERENA⁶, numa área de 67.802,87 km², que concluiu haver somente 15.677 km² de florestas de pinheiro.

PELLICO NETO⁴⁵, em 1971, apresentou uma atualização da situação da *Araucaria angustifolia*, afirmando que no período de 1965 a 1970, teria havido um aumento de 31,9% na derrubada do pinheiro.

Depois, em 1974, o CENTRO DE PESQUISAS FLORESTAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ⁴⁴, realizou o Estudo das Alternativas Técnicas, Econômicas e Sociais do Setor Florestal - Subprograma "Matéria-Prima", concluindo haver 4.335,79 km² de florestas de araucaria, equivalendo a 5,88% da cobertura vegetal primitiva, citada por MAACK³² em 1968.

APROSPEC S.A.⁴⁶, ainda em 1974, através de contrato celebrado com o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, executou um levantamento nos três Estados do Sul abrangendo uma área de 155.655 km², apresentando um total de 8.825,94 km² de matas de pinheiro.

Para os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul não existem Inventários que melhor esclareçam a situação florestal e seria de se supor que o ritmo de desmatamento nestes dois Estados, houvesse obedecido a mesma proporção, apesar de que o regime de exploração não tenha sido tão intenso como no Estado do Paraná.

Os levantamentos anteriormente descritos utilizaram técnicas de interpretação e mapeamento diversas.

O Inventário de Reconhecimento do Pinheiro no Sudoeste do Paraná, em 1966, utilizou fotografias aéreas em escala de 1:70.000. As 1.763 cópias fotográficas foram feitas pelo processo "log-etronic", em papel semi-fosco, o que certamente causou uma diminuição dos contrastes fotográficos e dificultou a interpretação dos diferentes tipos florestais.

O Estudo das Alternativas Técnicas, Econômicas e Sociais do Setor Florestal do Paraná, em 1974, utilizou tanto fotografias aéreas como imagens de Satélite ERTS-I da NASA. O IBDF cedeu fotografias aéreas verticais em escala de

1:50.000, tomadas sobre emulsão fotográfica infra-vermelha, e o IBC contribuiu com fotografias aéreas pancromáticas, na escala de 1:25.000. Quatorze imagens de satélite, cobrindo todo o Estado, nas escalas de 1:1.000.000, 1:500.000 e 1:250.000, foram interpretadas visualmente, comparando-se os quatro canais simultaneamente.

Contudo, nenhum mapeamento anterior, com resultados estimados através de Inventários Florestais, foi realizado em toda a região de ocorrência do pinheiro-do-paraná.

Por motivos óbvios, cada Inventário reporta a situação dentro de uma determinada região.

1.1 NATUREZA E IMPLICAÇÃO DO PROBLEMA

A avaliação de áreas florestais, principalmente no que diz respeito às reservas de *Araucaria angustifolia*, é de grande interesse, uma vez que é de suma importância na formulação de Inventários Florestais, e também devido às atuais limitações dessa espécie na Região Sul do Brasil.

Na Fotointerpretação e Mapeamento das Reservas de *Araucaria angustifolia*, a PROSPEC S/A utilizou 6.500 cópias fotográficas, dispendendo grande quantidade de numerário no Projeto.

Logicamente, os fatores tempo e custo são de irrefutável importância em todos os setores da atividade humana.

Na época em que a PROSPEC S/A, executou tal serviço, (1971/72/73), o primeiro Satélite Tecnológico de Recursos da Terra ERTS-I, havia sido recém-lançado e o Instituto de Pesquisas Espaciais estava começando a se articular, motivo pe-

lo qual se justificava plenamente a utilização de tal metodologia.

No entanto, no momento, não se justifica a utilização de fotografias aéreas numa área de aproximadamente 16.000.000 ha, justamente devido à elevação demasiada dos custos. Tais motivos levaram à decisão de se estudar imagens de satélite e radar e sua provável utilização em grandes regiões, como um subterfúgio para problemas florestais nas grandes nações.

Países pequenos não encontram problemas em executar periodicamente Inventários Florestais Nacionais, utilizando-se de fotografias aéreas em grandes escalas. No entanto, países como Estados Unidos, Canadá, Rússia e Brasil, entre outros, não podem e não devem dispendir grandes somas em coberturas fotográficas de seus domínios.

Assim é que, o Programa ERTS da NASA, foi criado para fornecer informações de recursos naturais, com grandes vantagens, quais sejam, a rapidez e frequência na obtenção de tais informações, aliadas ao custo relativamente baixo.

Com o advento das imagens multiespectrais, tomadas de plataformas orbitais, surgiu uma nova possibilidade de ampliação do quadro de aplicações em levantamentos de recursos naturais, particularmente os levantamentos florestais.

O Sensoriamento Remoto muito tem evoluído no decorrer dos últimos anos, fato que pode ser atestado pelos inúmeros trabalhos que vêm sendo publicados. No Brasil, no campo da ciência florestal, poucos trabalhos utilizaram imagens de satélite, sendo que, quase sempre, são produzidos por equipes do Instituto de Pesquisas Espaciais, tanto através de métodos visuais de interpretação, como automáticos.

Vários problemas técnicos ainda persistem, a fim de se conhecer as potencialidades informativas e processos ou técnicas de interpretação especialmente em áreas de grandes dimensões.

Claro está que, no campo da Engenharia Florestal, como em qualquer outro ramo de atividade, o fator econômico exerce função preponderante na efetivação de um objetivo, tornando-se patente a necessidade de se utilizar métodos criteriosos e economicamente viáveis, que permitam tal conciliação, uma vez que a intensa exploração que vem sofrendo atualmente os recursos naturais, impõe de maneira urgente um conhecimento completo de novas técnicas dinâmicas, para um controle eficaz de sua utilização.

1.2 OBJETIVOS

Face ao anteriormente exposto, esta pesquisa tem por objetivos:

- 1.2.1 Estabelecimento de metodologia para avaliar as formações florestais de *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através de imagens orbitais do LANDSAT, bem como fornecer informações básicas sobre os critérios de interpretação visual de maior importância na utilização dessas imagens em trabalhos de Inventários Florestais.
- 1.2.2 Elaborar mapas de vegetação, delimitando as principais formações florestais, em especial as de *Araucária angustifolia*.
- 1.2.3 Avaliar quantitativamente a tipologia florestal da área da pesquisa, em relação à percentagem.
- 1.2.4 Verificar o valor do Sensoriamento Remoto como uma fonte adicional de informações no mapeamento das florestas temperadas do Sul do Brasil.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DO SENSORIAMENTO REMOTO

De acordo com KEECH et al²⁴, na Antiguidade, sumérios, babilônios, celtas, gregos e outros povos, utilizaram-se dos olhos, a mais antiga forma de sensoriamento remoto, para observar as estrelas, prever o futuro, desenvolver as fases do zodíaco, dividir o ano em 364 dias e 1/4, desenvolver o astrolábio, etc. Na Renascença, foram desenvolvidos o telescópio e o sistema matemático do Universo. Então, em 1839, no período da Revolução Industrial, Daguerre inventou o "sistema fotográfico", e Tournachon produziu a primeira fotografia de uma pequena vila denominada Petit Bicetre, com o auxílio de balões. Nascia então o primeiro trabalho de sensoriamento remoto, e após 1850 diversas descobertas sucessivas e interdependentes contribuíram com o progresso vertiginoso dessa ciência, incluindo-se a eletricidade e o rádio. No entanto, o maior impulso dado ao sensoriamento remoto, sem dúvida foi o aperfeiçoamento e aplicação dos aviões no processo, particularmente com a eclosão da Primeira Grande Guerra. Assim, por mais ou menos 100 anos, a fotografia aérea foi o sistema dominante de sensoriamento remoto, até que neste século outras descobertas de cunho tecnológico, foram desenvolvidas, tais como o Radar, a Televisão, os sistemas eletrônicos, as

células fotoelétricas e o raio laser, além do uso de foguetes orbitais e sub-orbitais com capacidade de voo controlado, introduzindo uma nova dimensão à ciência. O desenvolvimento inicial das fotografias espaciais aconteceu na década de 60, com os projetos Mercury, Gemini e Apollo, ocasião em que fatos interessantes da superfície terrestre foram registrados com o auxílio de uma câmara 70 milímetros. É o novo e excitante campo dos sensores remotos orbitais, uma ciência revolucionária, para o estudo total da natureza da Terra, seus recursos e seus problemas. A utilização das sofisticadas técnicas dos sensores remotos, máquinas fotográficas de grande precisão, inventos eletrônicos, imagens em verdadeira e falsa cor, dão ao engenheiro ferramentas valiosas para estudar, medir, pesquisar e descrever a natureza.

LOPEZ-CUERVO³⁰, afirma que a intensa exploração que sofrem atualmente os recursos naturais, impõe de maneira urgente um conhecimento completo deles, para um controle eficaz de sua utilização.

LUBE³¹, afirma que Sensoriamente Remoto é a ciência que coleta informações sobre objetos distantes através de medidas efetuadas e sem entrar em contacto com os mesmos. Os sensores, os quais podem ser câmaras ou outros instrumentos medidores de energia, registram a energia refletida ou emitida de objetos à superfície terrestre. Os sensores podem ser montados em unidades baseadas no campo, em aviões ou em satélites. As aplicações da tecnologia do sensoriamento remoto são muito diversas e o número cresce dia a dia. Um exemplo é a identificação e mapeamento de safras agrícolas. O sistema pode também ser usado para distinguir tipologia florestal e

elaborar mapas de uso da terra, muito úteis no planejamento urbano. Tem sido ainda utilizado para detectar poluição, estudar problemas ambientais, exploração de recursos minerais e atualização rápida de desastres naturais.

HELLER²⁰, preconizara que, salvo os satélites NIMBUS (climatológico), TRANSIT (navegacional), COMSAT (comunicações) e outros militares de reconhecimento, americanos e russos, não havia outros satélites em órbita, especificamente para coletar informações de recursos terrestres até 1972. Então, em julho de 1972, a NASA enviou ao espaço, o primeiro Satélite Tecnológico de Recursos Terrestres - ERTS-I (agora denominado LANDSAT-I); em janeiro de 1975, foi lançado o LANDSAT-II e em março de 1978, o LANDSAT-C, todos com missão de captar a maior quantidade possível de informações referentes aos recursos naturais.

COLVOCORESSES⁷, salienta que numerosos trabalhos sobre a utilidade e justificativa dos dados de sensoriamento remoto do LANDSAT têm sido apresentados e muitos geólogos, agrônomos, florestais e planejadores do uso da terra, têm demonstrado a grande variedade de valores econômicos e sociais envolvidos na resolução dos problemas relativos a recursos terrestres.

MURTHA & WATSON³⁵, enaltecem que, devido ao grande campo de visão, agora é possível não somente monitorar, mas também avaliar a regeneração florestal. As imagens de satélite poderiam ser usadas não somente para monitorar estas atividades, mas também os efeitos ambientais causados pela exploração florestal.

2.2 SITUAÇÃO OPERACIONAL DOS SATÉLITES LANDSAT

NOSSEIR et al⁴⁰, enfatizaram que os satélites da série LANDSAT possuem uma órbita quase circular com 0,0001 de excentricidade, direção Norte-Sul cobrindo todo o globo, exceto os pólos; sol-síncrona e quase polar, mantendo uma inclinação constante de 99,008 graus com o plano equatorial e uma altitude média de aproximadamente 919 km, sendo uma área repetidamente imageada a cada 18 dias, à mesma hora local.

BARBOSA et al², afirmam que, em cada cena obtida a intervalos de 25 segundos, registram informações referentes a 34.225 km² (185 x 185 km) da superfície terrestre. A duração da órbita em torno da Terra é de aproximadamente 103 minutos, completando 14 órbitas por dia. Ao fim de 18 dias ou da conclusão de 251 revoluções, o período de cobertura é completado.

2.3 O SISTEMA LANDSAT NO BRASIL

O satélite capta a luz refletida pela superfície terrestre e transmite os dados por sinais de rádio às instalações receptoras da Terra.

Segundo DOYLE¹², existiam até o início de 1978, as seguintes estações receptoras em operação:

Fairbanks, no Alaska

Goldstone, na California (EUA)

Greenbelt, em Maryland (EUA)

Cuiabá, no Brasil

Prince Albert, em Saskatchewan (Canadá)

St. John's, em Newfoundland (Canadá)

Fucino, na Itália

Teheran, no Iran

Segundo BARBOSA et al², o Brasil possui em Cuiabá, uma Estação de Rastreo, Recepção e Gravação, onde os dados são gravados, armazenados em fita e remetidos, via transporte aéreo à Cachoeira Paulista, no Estado de São Paulo, conforme Figura 01. Os computadores processam aqueles dados, convertendo-os de sinais eletrônicos a imagens fotográficas e fitas compatíveis a computador. Depois, os produtos são colocados à disposição dos usuários devidamente credenciados, em São José dos Campos, Estado de São Paulo e Natal, Estado do Rio Grande do Norte, através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Instituto de Pesquisas Espaciais (CNPq - INPE).

2.4 ELEMENTOS COMPONENTES DO SISTEMA LANDSAT

A NASA³⁷, ressalta que o LANDSAT conduz três sistemas de aquisição de dados: um imageador multiespectral - MULTISPECTRAL SCANNING SYSTEM (MSS); um sistema de televisão - RETURN BEAM VIDICON (RBV), e um sistema de coleta de dados - DATA COLLECTION SYSTEM (DCS), de acordo com a Figura 02.

DISPERATI & KEECH¹¹, afirmam que o Imageador Multiespectral, produzido por Hughes Aircraft Co., é um dispositivo de varredura de seis linhas, que capta os sinais de faixas do espectro visível e infravermelho refletidos da superfície terrestre e os conduz a um espelho oscilante, e daí a um conjunto ótico-mecânico instalado sobre detectores fotoelétricos, sensíveis a quatro regiões particulares do espectro ele-

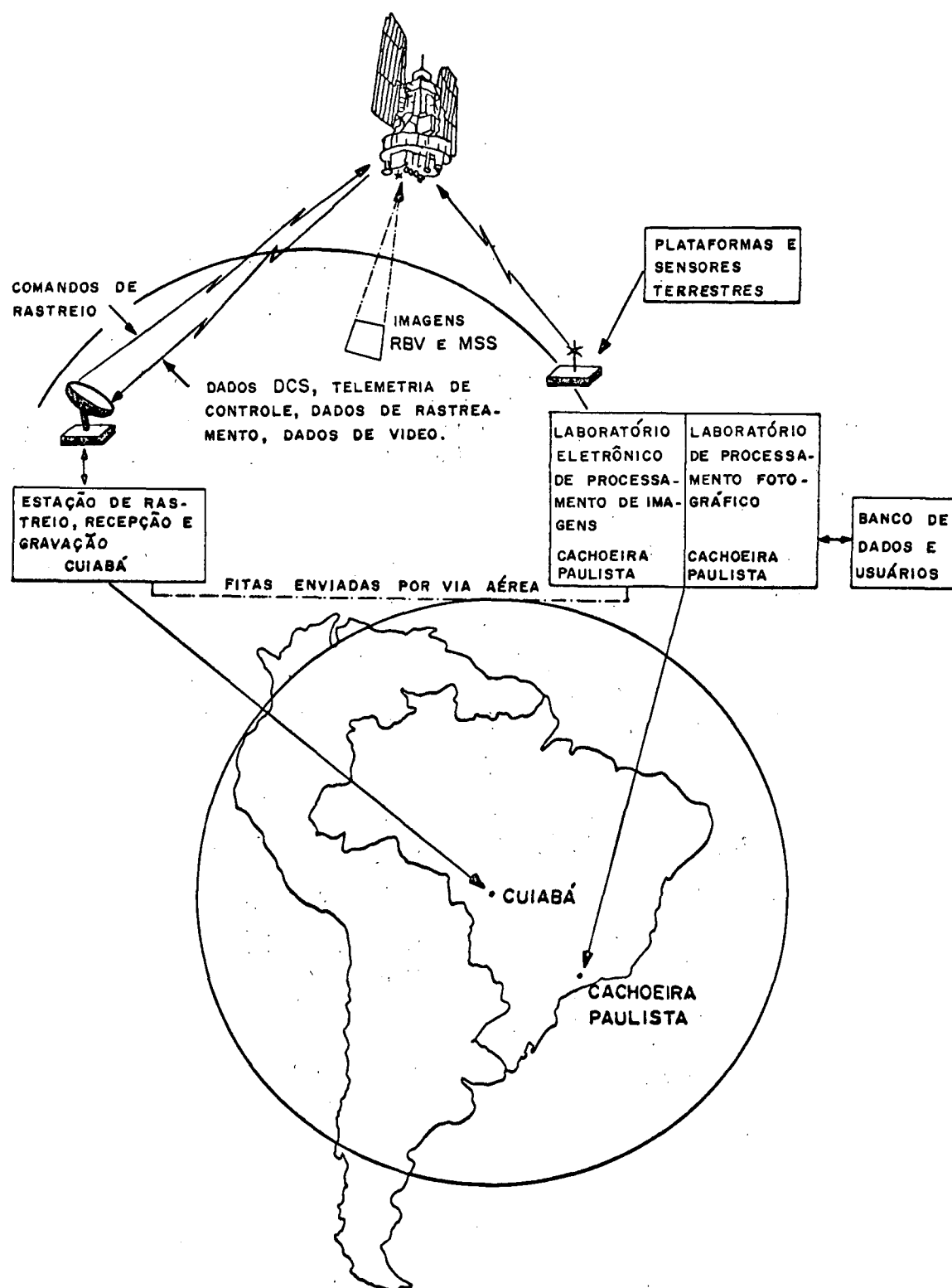


FIGURA 01: O Sistema Landsat no Brasil.

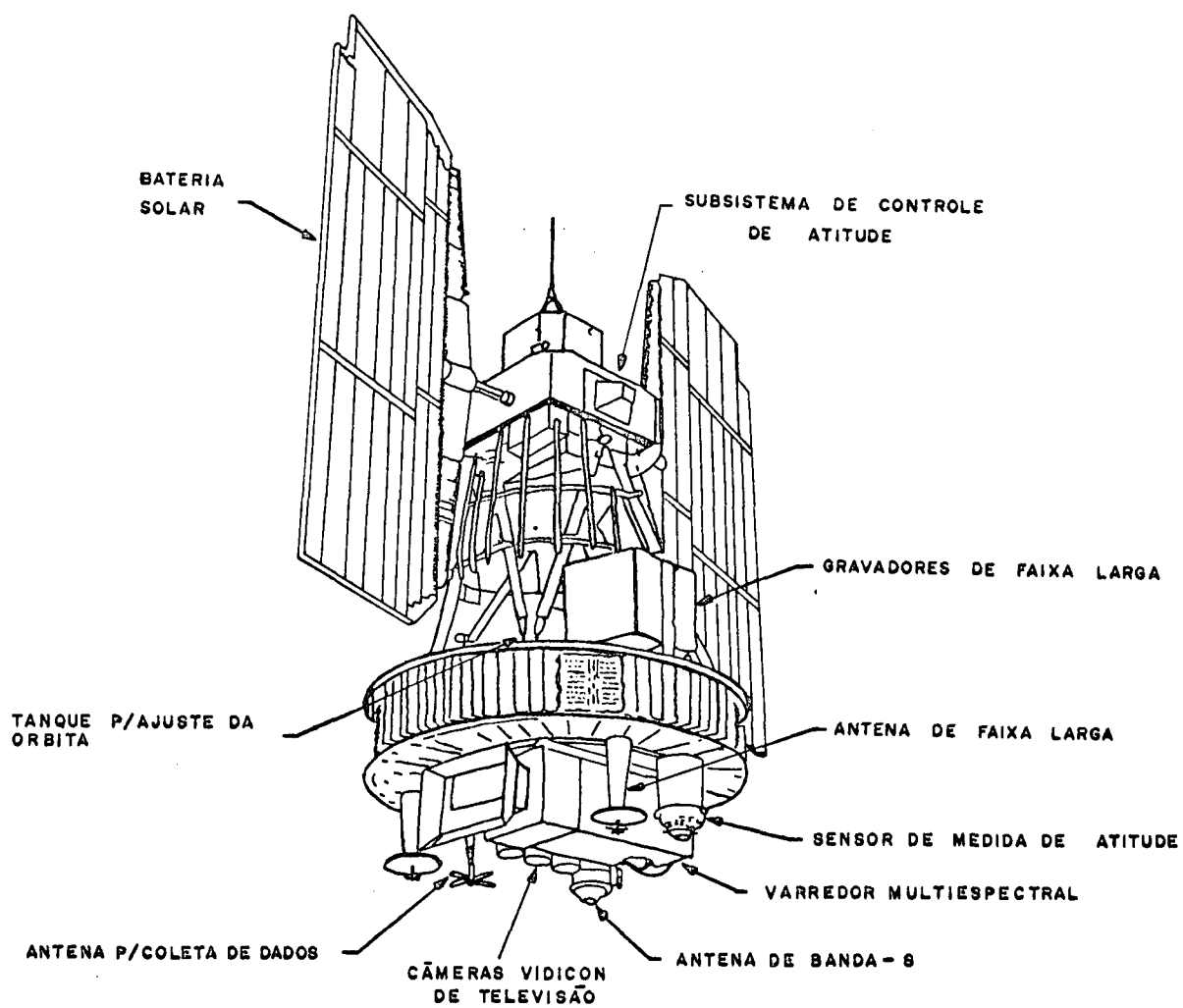


FIGURA 02: Elementos componentes do Sistema Landsat.

tromagnético, denominadas bandas espectrais. Os detectores produzem voltagens elétricas proporcionais à intensidade de luz incidente e são convertidos por um digitalizador em números compreendidos entre 0 e 63. Esses números são transmitidos às estações receptoras da Terra. Este sensor primário analisa as imagens em quatro bandas espectrais diferentes, que são apresentadas no Quadro 01 e Figura 03. Uma quinta banda, codificada como banda 8, de 10,4 a 12,6 micrometros, foi incluída no LANDSAT-C.

WILLIAMSON⁵⁹, acrescenta que o MSS do LANDSAT mede a reflectância espectral de 3240 pixels adjacentes na horizontal, em cada linha. Um total de 2340 pixels na vertical define o tamanho da cena, cobrindo uma área de 185 x 185 km; assim, 34.225 km² da superfície da Terra são descritos por 7.581.600 pixels, cada um dos quais caracterizado por um valor para cada banda espectral. Os valores de cada pixel são gravados nas fitas CCT, na ordem de tomada.

Conforme BARBOSA et al², o Sistema RBV funciona através de três câmaras de televisão, sensoriando três bandas espectrais diferentes, na faixa de 0,48 a 0,84 micrômetros, conforme Quadro 01 e Figura 04.

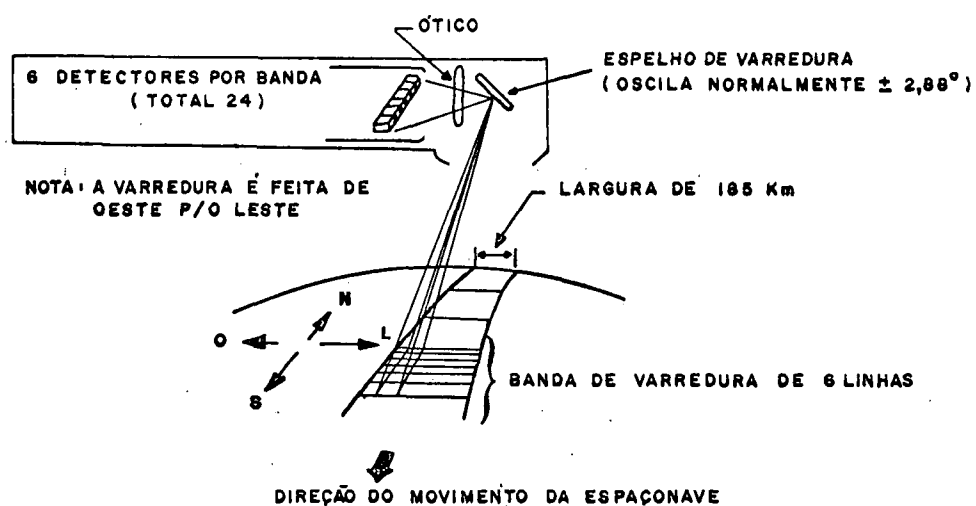


FIGURA 03: Imageador Multiespectral.

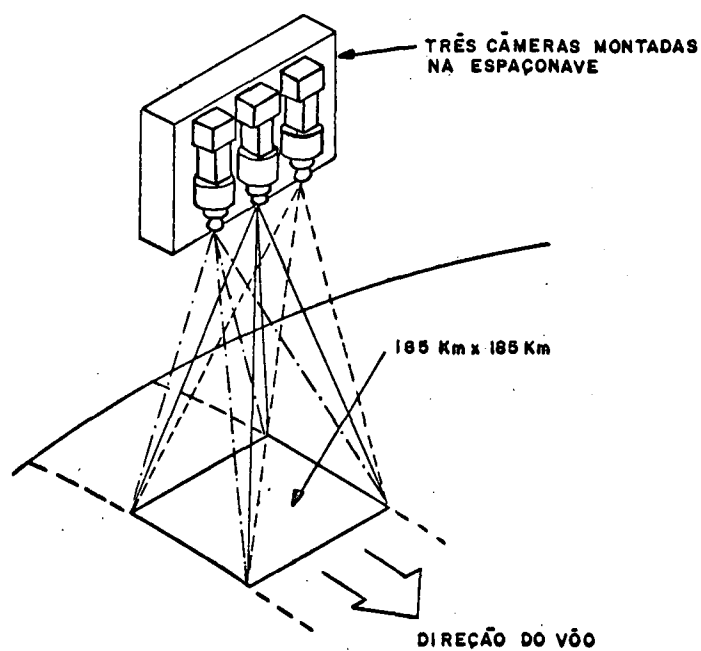


FIGURA 04: Orientação das Câmaras RBV.

QUADRO 01: Bandas espectrais de captação de dados dos sensores do satélite

SENSOR	CÓDIGO DA BANDA (Cor)	COMPRIMENTO DE ONDA (μm)
RBV	1 - Verde	0,475 a 0,575
	2 - Vermelho	0,580 a 0,680
	3 - Infravermelho próximo	0,690 a 0,830
MSS	4 - Verde-laranja	0,5 a 0,6
	5 - Laranja-vermelho distante	0,6 a 0,7
	6 - Vermelho extremo - infravermelho próximo	0,7 a 0,8
	7 - Infravermelho próximo	0,8 a 1,1

Este sistema tem apresentado diversos problemas operacionais e não é muito utilizado pelos usuários.

Além destes sensores, a espaçonave transporta dois gravadores de vídeo de banda larga - WIDE BAND VIDEO TAPE RECORDER (WBVTR), para gravação de dados em regiões fora da ação das estações receptoras, e um sistema de coleta de dados - DATA COLLECTION SYSTEM - DCS, para aquisição de dados transmitidos pelas plataformas de coleta de dados - DATA COLLECTION PLATFORMS - DCP's, localizadas em pontos importantes da superfície da Terra, além de outros subsistemas de menor importância.

Segundo COLVOCORESSES⁷, o satélite LANDSAT apresenta três comprimentos de onda fundamentais para o sensoriamento operacional da Terra. Na região verde, a banda 4 do MSS (0,5 a 0,6 μm), demonstra claramente a capacidade de água-pene-

tração, a qual promete auxiliar o mapeamento dos mares com pouca profundidade. Na faixa azul-verde (0,47 a 0,57 μm) a capacidade é favorecida pelo realce. A banda 4 fornece também uma forte indicação da qualidade da água no que tange a sólidos suspensos ou poluição. Numa porção mais alta do espectro visível, a banda 5 (0,6 a 0,7 μm) apresenta maiores diferenças espectrais, principalmente nos limites entre padrões naturais e artificiais. Os comprimentos de onda da faixa verde-vermelha (0,57 a 0,70 μm) favorecem a expansão dessa capacidade. A banda 6 (0,7 a 0,8 μm) e a 7 (0,8 a 1,1 μm) têm demonstrado o valor operacional do infravermelho próximo para a separação entre vegetação, água e culturas.

2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA

O MANUAL DE INVENTÁRIO FLORESTAL DA FAO⁴³, afirma que a maior parte dos inventários florestais pretendem obter estimativas satisfatórias dos valores totais dos parâmetros florestais sobre a totalidade da superfície inventariada e/ou sobre parte dela. Tanto as superfícies como os valores médios dos parâmetros por unidade de superfície podem ser não só estimados mediante o uso de fotografias aéreas (ou qualquer outro meio de sensoriamento remoto) e mapas, como também através de medidas e observações no campo, podendo-se efetuar estas estimativas através de censos completos ou amostragens. As fotografias aéreas foram no passado a única ferramenta de sensoriamento remoto utilizada em inventários florestais, como certamente ainda continuarão sendo por muito tempo, a mais importante.

COLWELL⁸, afirma que as imagens LANDSAT são importantes no manejo de recursos terrestres, principalmente em se tratando de inventários exatos e freqüentes. Também porque delineamentos rápidos e econômicos dos padrões terrestres somente podem ser obtidos através de aeronaves ou espaçonaves que possam fornecer uma visão sinóptica da área.

CREA⁹, diz que muitos investigadores em imagens de satélite, americanos e estrangeiros, têm demonstrado a capacidade de monitorar e inventariar diferentes recursos e entre eles, recursos agrônômicos e florestais.

LEE²⁸, ressalta que as imagens LANDSAT oferecem a possibilidade única de uma visão periódica de terrenos florestais e facilitam a coleta econômica de dados tão úteis.

Para KALENSKY & SCHERK²³, a utilidade das imagens de satélite dependem de como os dados florestais podem ser registrados por um sistema de sensoriamento remoto, o que contudo, é facilitado pela visão sinóptica das imagens e pela cobertura repetitiva de uma mesma região por diversos anos. A cobertura repetitiva e contínua das imagens LANDSAT tornam possível o monitoramento de florestas em locais onde o sensoriamento remoto por avião é muito caro e onde não existem mapas florestais ou estão desatualizados.

TITUS et al⁵², apresentando resultados de um inventário florestal na Floresta Nacional de Plumas, na Califórnia, ressaltaram que o sistema de amostragem em múltiplos estágios, reduz o custo e o tempo da produção de estimativas, atingindo os níveis de precisão requeridos. As imagens LANDSAT fizeram parte do primeiro estágio, estratificando-se a floresta em quatro classes de vegetação, reduzindo a varia-

bilidade e fornecendo estimativas dos parâmetros para subdivisão da população. Os resultados do estudo indicaram ainda, a utilidade dos dados LANDSAT quando combinados com outras duas fontes de informação, quais sejam: fotografias aéreas em escala grande e medidas de campo, num sistema de amostragem apropriado. O sistema de múltiplos estágios, utilizando os dados LANDSAT, atingiu um custo 65% menor que um sistema que utiliza somente medidas de campo.

Segundo GIMBARZEWSKI¹⁵, as imagens LANDSAT têm suas limitações e suas vantagens. A escala pequena - 1:1.000.000, por exemplo, fornece uma visão excelente para análise de áreas extensas, mas impede o mapeamento de alguns detalhes importantes. Imagens obtidas em diferentes datas, composições coloridas e transparências são particularmente úteis na análise de padrões da vegetação, drenagem superficial e outros aspectos de uso da terra.

LOPEZ-CUERVO³⁰, enfatizara que a fotografia aérea como suporte de informação, tem aberto novos caminhos para a dasometria, e que numerosos países têm elaborado seus inventários florestais com sua ajuda; no entanto, hoje exige-se inventários dinâmicos onde a atualização dos métodos corra paralela à evolução das massas. A teledetecção, através das enormes possibilidades que abre no campo do controle de uso da terra, permite em primeira instância, a atualização dos inventários existentes, de forma rápida, e ainda que atualmente desconhecida, também de forma econômica. Assim é que, nas fotografias de satélite incidem três fatores bastante importantes no campo da fotointerpretação, quais sejam, a escala da fotografia, a frequência periódica da informação e a utilização de ondas eletromagnéticas.

CREA⁹, diz que para discriminar a vegetação, certos dados temporais de LANDSAT foram utilizados, o que possibilitou identificar e separar florestas de coníferas e florestas de folhosas.

KALENSKY & SCHERK²³, ressaltam que a identificação dos tipos florestais predominantes, em áreas de floresta mista, é difícil mesmo quando fotografias aéreas são disponíveis, considerando o baixo poder de resolução do sistema LANDSAT (um pixel corresponde a uma área de 0,6 ha). Além disso, o tipo predominante reconhecido pelo olho humano pode ser diferente daquele registrado pelo sistema de sensoriamento remoto.

Segundo HELLER¹⁹, os pesquisadores florestais têm encontrado algumas dificuldades no sistema LANDSAT, entre elas:

- a) A não familiaridade com um instrumento novo;
- b) A preocupação com quatro imagens ao invés de uma;
- c) Exceto nas regiões áridas e semi-áridas do globo, as nuvens têm impedido uma cobertura fotográfica completa e a comparação sazonal dos sítios florestais, o que prejudica o trabalho em áreas-teste onde os florestais têm reunido informações de campo para correlacioná-las com imagens LANDSAT;
- d) Ocasionalmente, os técnicos da NASA têm tido algumas dificuldades técnicas no processamento dos dados e no preparo das fitas CCT, problema este que não é inesperado, devido à extrema complexidade e ao volume de saída de dados;
- e) Em muitas fitas, cada sexta linha tem apresentado um sinal mais forte que a quinta precedente. Esta

diferença obriga ao programador de computador, achar a média ou eliminar a saturação dessa linha, antes que as assinaturas espectrais das florestas sejam identificadas;

f) Os negativos produzidos pela NASA são muito densos e assim perdem muito dos detalhes de vegetação das transparências;

g) A influência atmosférica é um fator incontrollável que reduz a claridade e as diferenças de refletância;

h) As imagens são escuras em dias enevoados ou próximo a grandes centros industriais, onde a fumaça é evidente;

i) O poder de resolução das imagens é baixo demais para decisões relativas a Manejo;

j) A ampla variabilidade das composições coloridas, feitas a partir de três bandas espectrais do LANDSAT;

k) Os usuários devem ter acesso a equipamentos muito caros incluindo instrumentos óticos, computadores e salas escuras, para processar e usar as imagens;

l) A longa espera para obtenção de imagens da NASA ou do U.S. GEOLOGICAL SURVEY.

WONG⁶¹, preconizara que a exatidão das técnicas de interpretação de imagens LANDSAT, são prejudicadas pelas condições atmosféricas, instabilidades dos sensores e ângulos do Sol.

Apesar de todas as limitações anteriormente apresentadas, HELLER¹⁹, acrescentara que as imagens produzidas pelo

LANDSAT, oferecem também promessas consideráveis em Manejo e Inventário Florestal, que são:

- a) Em boas imagens, os florestais têm uma visão sinóptica de grandes áreas, que devem ser muito úteis no planejamento, quando utilizadas juntamente com mapas existentes;
- b) Se é possível o delineamento florestal a partir de imagens LANDSAT, a análise de dados por computador pode auxiliar o primeiro estágio de um processo de amostragem em múltiplos estágios para inventários florestais.

BATISTA et al³, enfatizaram que as atividades florestais se caracterizam por serem um processo dinâmico, por isso, a criação de um sistema de monitoramento que forneça informações rápidas e recicladas, impõe-se como medida útil no planejamento e utilização dos povoamentos florestais. Assim sendo, o satélite LANDSAT, cujos dados apresentam características multiespectrais e principalmente cobertura repetitiva a cada 18 dias, apresenta-se como valiosa ferramenta de grande potencial para tais pesquisas.

COLVOCORESSES⁷, diz que o sistema LANDSAT apresenta limitações distintas por causa de sua resolução espacial, até o presente momento de 57 m x 79 m (0,45 ha) e não tem virtualmente a capacidade da 3a. dimensão. Contudo, apesar da topografia estática, a distribuição planimétrica dos padrões da superfície da Terra, estão em constante mudança devido ao homem e à natureza. Os mapas planimétricos tornam-se simples por si mesmos se a Terra pode ser vista ortograficamente, eliminando o deslocamento devido ao relevo. O LANDSAT aproxima a ortogonalidade ao ponto onde o deslocamento devido ao

relevo precisa ser considerado, em algumas áreas da superfície terrestre.

ASHLEY & REA¹, efetuando medidas de densidade nas transparências do LANDSAT-I, identificaram diferenças sazonais da vegetação. As variações de inclinação do Sol durante o ano produziram variações nas tonalidades das imagens dos objetos. Um ângulo pequeno, produz uma imagem mais escura. Assim sendo, duas imagens da mesma região, obtidas em diferentes estações do ano, poderão indicar variações não existentes no campo. Nas áreas florestais, o período do ano poderá produzir uma diferença na etapa do desenvolvimento das folhas das árvores, o que também acarretará diferença nas imagens de satélite.

RABCHEVSKI⁴⁷, diz ainda que um dos aspectos do sensoriamento remoto, a amostragem de padrões terrestres ou fenômenos ambientais por avião ou sensor de satélite, é especialmente significativa quando projetos repetitivos em áreas inacessíveis e dinâmicas, são requeridos. Eventos naturais dinâmicos de curta duração, como por exemplo incêndios florestais, precisam ser rápida e repetidamente detectados para que se obtenham resultados significativos.

WILLIAMS et al⁵⁸, comentando sobre a utilização de imagens do LANDSAT para mapeamento da vegetação ao milionésimo, concluem que o sistema orbital tem muitas vantagens sobre as fotografias aéreas, pois facilita a cartografia e evita problemas de manuseio. A classificação da vegetação através do LANDSAT-I tem como base diferenças fitofisionômicas.

NIMER³⁸, apresentou um documento às Nações Unidas, no qual propõe a vigilância dos recursos florestais do mundo a-

través da técnica de sensoriamento remoto, isto é, através de fotografias aéreas e imagens orbitais.

Finalmente, WINQUIST & JACKSON⁶⁰, afirmam que as imagens LANDSAT fornecem um bom desafio aos pesquisadores, sendo necessária a intensificação de esforços; caso estas imagens forem utilizadas, o devem ser como uma ferramenta adicional a outras informações disponíveis.

2.6 REFLECTÂNCIA ESPECTRAL NAS IMAGENS LANDSAT

HILDEBRANDT²¹, afirma que os objetos sobre a superfície da Terra refletem a luz de várias maneiras, em cada caso contudo, de uma maneira diferente, dependendo das características do objeto. Somente por esta razão é possível diferenciar um objeto do outro, identificá-los e averiguar suas condições através dos dados de Sensoriamento Remoto. O conhecimento do comportamento da reflexão espectral dos objetos é portanto, fundamental para a interpretação de dados de Sensoriamento Remoto.

De acordo com WIEGAND et al⁵⁷, nas bandas 6 e 7 do LANDSAT-I, a reflectância observada do solo é normalmente menor do que a da vegetação, enquanto que nas bandas 4 e 5 é tipicamente maior. No intervalo de 0,75 a 1,35 μm , a reflectância da vegetação é muito alta; a intensidade do sinal aumenta conforme o número de folhas ou a densidade da vegetação. A densidade da vegetação, por sua vez, depende da estação do ano, as decíduas perdem as folhas no Outono ao contrário das coníferas, que as retêm.

OLSON*, citado por HELLER¹⁹, diz que as diferenças de reflectância entre espécies florestais são similares durante o verão; é difícil separar árvores saudas (com um pico de reflectância 0,56 μm) de árvores mortas (0,59 μm) quando a resolução é baixa e os alvos muito pequenos.

Segundo GAUSSMANN¹⁴, o conhecimento adicional sobre as interações da luz com a anatomia foliar das plantas fortalece a evidência prévia de que os futuros projetos dos varredores multiespectrais devem incluir uma banda com comprimento de onda entre 2,0 e 2,5 μm , para realçar e discriminar as diferentes espécies de plantas, principalmente para diferenciar as espécies suculentas das não-suculentas.

Afirma ainda GAUSMANN¹⁴, que a absorção da luz infravermelha-próxima, pela água armazenada nas células da hipoderme de *Peperomia obtusifolia* A. Dietr., foi responsável pela ausência de reflectância com um máximo centrado num comprimento de onda próximo a 2,2 μm .

WESTIN⁵⁶, acrescenta que as plantas suculentas têm o tecido para armazenamento de água desenvolvido, no mesófilo da folha, absorvendo mais a irradiação da luz infravermelho-próxima do que as plantas não-suculentas.

DILLEWIJN et al¹⁰, afirmam que é muito importante saber como a reflexão espectral das plantas, principalmente das folhas, se manifesta. A reflexão da cutícula das folhas é de importância mínima. A maior parte da luz azul e vermelha do espectro visível é absorvida pela clorofila. Portanto, a maior parte da luz verde é refletida. Por isso, as folhas

*OLSON, C.E., JR. Spectral reflectance measurements, compare with panchromatic and infrared photographs. U.S. Dept. Commerce, Office of Technical Services. AD 603499, Washington D.C. 1964.

aparecem verdes. O infravermelho próximo passa pelos cloroplastos do parênquima paliçádico, mas é refletido pelo parênquima lacunoso da mesófila, como luz que refletisse na espuma de sabão. A reflexão da luz infravermelha na mesófila causa a diferença entre as folhosas e coníferas, porque as folhas das coníferas não têm parênquima lacunoso. Desta forma, filmes sensíveis à luz infravermelha fotografam as folhosas mais claramente que as coníferas. A diferença de reflexão entre coníferas e folhosas pode ser avaliada através da Figura 05.

Para OLSON⁴², imagens multiespectrais podem ser obtidas com câmeras, sistemas de varredores de linha e sistemas de radar. Todos os três sistemas gravam a intensidade eletromagnética refletida ou emitida da cena. Dentro do campo de visão do sensor. As faixas espectrais destes três sistemas são indicadas na Figura 06.

WIEGAND et al⁵⁷, estudaram a possibilidade de utilizar imagens do LANDSAT-I, para inferir a densidade da vegetação numa dada área. Conforme os autores, os canais 6 e 7 contêm informações que podem ser relacionadas ao rendimento das culturas e capacidade de sustentação das pastagens. Como a reflectância da vegetação aumenta com o aumento da densidade da cobertura no intervalo de 750 a 1.350 nanômetros, eles concluíram que as bandas 6 e 7 podem indicar diferenças de densidade de vegetação. Os distúrbios fisiológicos nas plantas que alteram sua cor, podem ser detectados pelo uso das bandas 4 e 5 das imagens do LANDSAT-I.

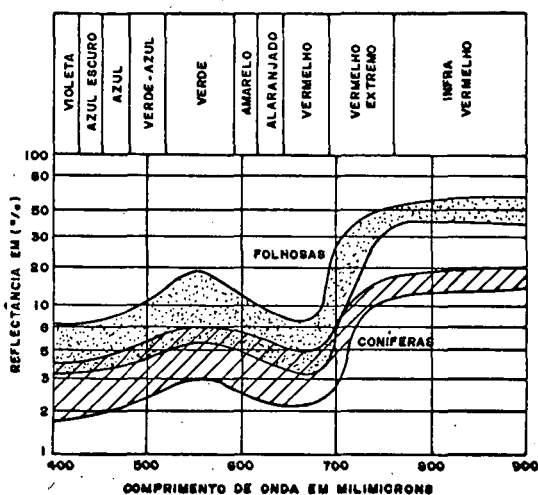


FIGURA 05: Reflectância espectral em coníferas e folhosas.

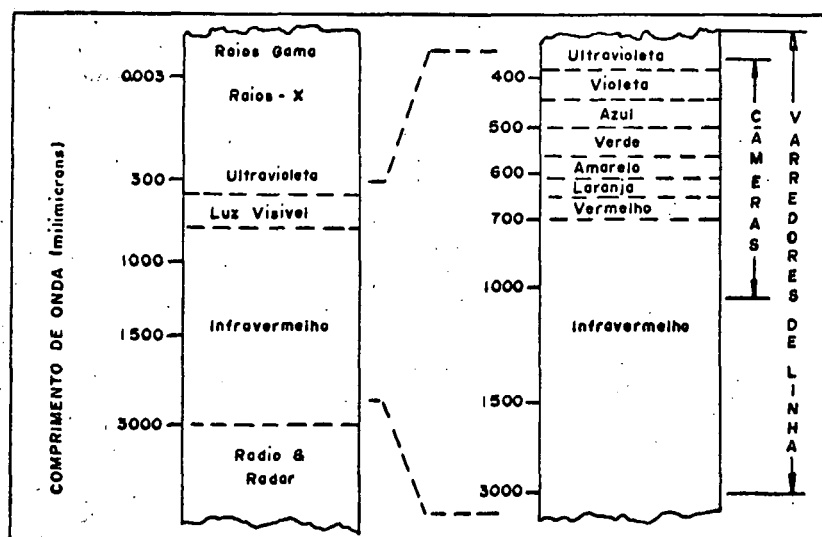


FIGURA 06: O espectro eletromagnético e as regiões de operação de alguns sensores remotos.

2.7 TÉCNICAS DE INTERPRETAÇÃO

HELLER¹⁹, analisando a utilização de imagens LANDSAT, para propósitos florestais, verificara que a banda 4 não fornecera nenhuma informação adicional. Para uma análise em um só canal, a banda 5 realça melhor a vegetação que qualquer outra banda. A banda 6 não identifica locais com água parada ou corrente tão bem como a banda 7, mas realça melhor mudanças na vegetação, que a banda 7. A banda 7 realça melhor a água parada, água corrente, rios, etc. As bandas 5 e 7 identificam melhor a vegetação do que os aparelhos óticos. A vegetação florestal se apresenta melhor na primavera, outono e inverno, em regiões temperadas, na banda 5. A alta refletância do infravermelho nas bandas 6 e 7 e a baixa refletância da banda 5 (vermelha) torna difícil a separação de florestas e outros tipos de vegetação, exceto safras agrícolas. Geralmente, as imagens têm menos utilidade no verão que em outras estações, em regiões temperadas onde a chuva é uniforme durante o ano. A separação entre tipos florestais e não florestais (e possivelmente coníferas de folhosas) pode ser feita quando as florestas são jovens ou maduras, porém difícil quando estão em fase de transição. Objetos de aparência longa e estreita com mais de 100 metros de largura, tais como linhas de alta tensão, rodovias e faixas de exploração florestal, podem ser facilmente detectados. Em regiões temperadas, a vegetação florestal aparece melhor na primavera, outono e inverno no canal vermelho (0,6 a 0,7 μm) ou na combinação infravermelha colorida. Imagens de verão são as mais pobres para discriminar a vegetação nestas regiões. Em zonas

de chuvas escassas de verão ou onde predominam coníferas, as imagens de verão podem ser excelentes.

VAN GENDEREN⁵⁴, afirma que, apesar dos avanços que têm ocorrido nas técnicas digitais e analógicas de processamento de dados em sensoriamento remoto, e especificamente nos elementos do MSS, a grande parcela de interpretação de muitas formas de Sensoriamento Remoto é devida ao fator humano, pois é o intérprete quem deve selecionar e interpretar dados específicos das várias formas de quadro-informação disponíveis, e convertê-las em mapas, relatórios e outras formas significativas de saídas.

Segundo LEE²⁹, os estudos indicaram que as operações de Manejo Florestal podem ser monitoradas e que a técnica de realce de cores aditivas das imagens LANDSAT é uma ferramenta bastante útil na interpretação e atualização de áreas de exploração florestal.

FISCHER¹³, diz que aos dados gravados e armazenados em máquina, diversas cores podem ser adicionadas, subtraídas, alongadas, relacionadas ou outras manipulações que produzam realces úteis na interpretação visual ou classificação digital.

BERLIN et al⁴, analisando padrões geológicos no Sudoeste da Jordânia, citaram que os dados digitais do MSS do LANDSAT foram sujeitos a dois tipos de técnicas de processamento por computador: pré-processamento (limpeza) e realce de imagens. Os procedimentos de pré-processamento foram aplicados nos dados digitais das fitas CCT e foram projetados para retirar efeitos indesejáveis causados pelo varredor multiespectral, tal como "padrões de ruído". Foram também uti-

lizados vários procedimentos de realce de imagem, após o pré-processamento, sendo o mais importante o denominado "alongamento dos contrastes".

ALDRICH*, citado por HELLER¹⁹, acrescentara que as imagens LANDSAT obtidas no verão sobre o Sul dos Estados Unidos, não foram tão úteis para inventários florestais como aquelas obtidas no inverno, outono e primavera. Estradas florestais raramente aparecem nas imagens, porque são sempre estreitas, com muitas curvas, e normalmente cobertas pelos galhos das árvores, enquanto que rodovias e estradas pavimentadas com largos acostamentos, são normalmente nítidas.

GOLDBERG & SHLIEN**, citados por SAYN-WITTGENSTEIN & WIGHTMAN⁵¹, empregaram o Analisador de Imagens Multiespectrais para classificações de grandes áreas florestais, o que parece fornecer boa exatidão, devido ao desenvolvimento recente da utilização de filtros.

A NASA³⁶, afirma que, num distrito florestal nos EUA, a discriminação entre florestas de coníferas e florestas de folhosas através de imagens LANDSAT, tem sido desenvolvida dentro de um nível de precisão de 90 a 95%, utilizando técnicas de amostragem em múltiplos estágios, determinando-se um nível de confiança e um desvio-padrão aceitáveis, tanto quanto custo e tempo favoráveis.

*ALDRICH, R.C. Inventory of forest and rangeland and detection of forest stress. Berkley, 1973. (NASA/ERTS Progress Report).

** GOLDBERG, M. & SHLIEN, S. A four - dimensional histogram approach to the clustering of ERTS-1 data. In: CONFERENCE ON REMOTE SENSING, Halifax, N.S., 1975.

YASSOGLOU et al⁶², numa pesquisa realizada na Grécia, com dados de duas faixas cobrindo as províncias de Atenas e Oeste do Peloponeso, na parte Sudoeste do país, utilizaram composições coloridas falsa-cor, produzidas através do processo aditivo, para separar padrões de uso da terra, terrenos agricultáveis e florestais. Na maioria dos casos, com raras exceções, as coníferas puderam ser separadas das decíduas, sendo que estas apresentaram uma coloração vermelho-clara e as coníferas uma coloração variando do vermelho-rosa ao vermelho-escuro. Ressaltam ainda que o canal 5 do LANDSAT oferece boa distinção entre áreas florestadas e não florestadas.

De forma idêntica, MURTHA³⁴, preconizara que a banda 5 fora a que fornecera os maiores detalhes na avaliação de danos às florestas, seguida em ordem sucessiva pelas bandas 4, 6 e 7.

Conforme HELLER²⁰, um grupo de trabalho de sensoria-mento remoto em Berkeley, utilizando uma técnica adicional semi-automática de foto-interpretação, através de um micro-densitômetro com filtros verde, vermelho, azul e branco, conseguiram separar áreas florestais de não florestais.

Para WIEGAND et al⁵⁷, a composição colorida dos canais 4, 5 e 7 do LANDSAT-I, produz imagens com tonalidades coloridas similares às do filme fotográfico infravermelho colorido.

VALÉRIO FILHO⁵³, utilizando imagens MSS e SLAR, em branco e preto, em escalas de 1:1.000.000 e 1:250.000 respectivamente, conseguiu na comparação multiespectral distinguir seis categorias de vegetação. A comparação entre a re-

flectância do mesmo alvo nos quatro canais de MSS deram boas informações sobre a densidade da vegetação. Em outras palavras, sabendo que o solo reflete mais energia que a vegetação na faixa do visível e menos no infravermelho-próximo, pode-se extrair daí a relação entre solo e vegetação. Vegetação densa absorve mais energia, o que significa que reflete menos, fator este que auxilia na identificação da tipologia vegetal, tais como terrenos florestados e não florestados (pastagens, solo nu, etc.), conforme ilustra a figura 07.

KIRBY²⁶, estudando as Florestas Boreais de Alberta no Canadá, utilizou a combinação das bandas espectrais do MSS com as estações do ano, o que permitiu separações nítidas entre florestas de coníferas e florestas de folhosas, tornando possível efetuar um mapeamento em escala de 1:250.000. Utilizando o "COLOR ADDITIVE VIEWER", foram produzidas diversas composições de cores nas bandas 4, 5 e 6 combinadas com filtros azul, verde e vermelho, respectivamente. As combinações foram efetuadas da seguinte maneira:

DATA	BANDA	FILTRO
Setembro de 1973	4	Azul
Setembro de 1973	5	Vermelho
Setembro de 1973	6	Verde
Mai de 1973	5	Vermelho

As conclusões desse estudo foram:

a) As imagens LANDSAT obtidas em janeiro de 1973 apresentaram contraste superficial de canais de drenagem mais claros que as cenas prévias de verão;

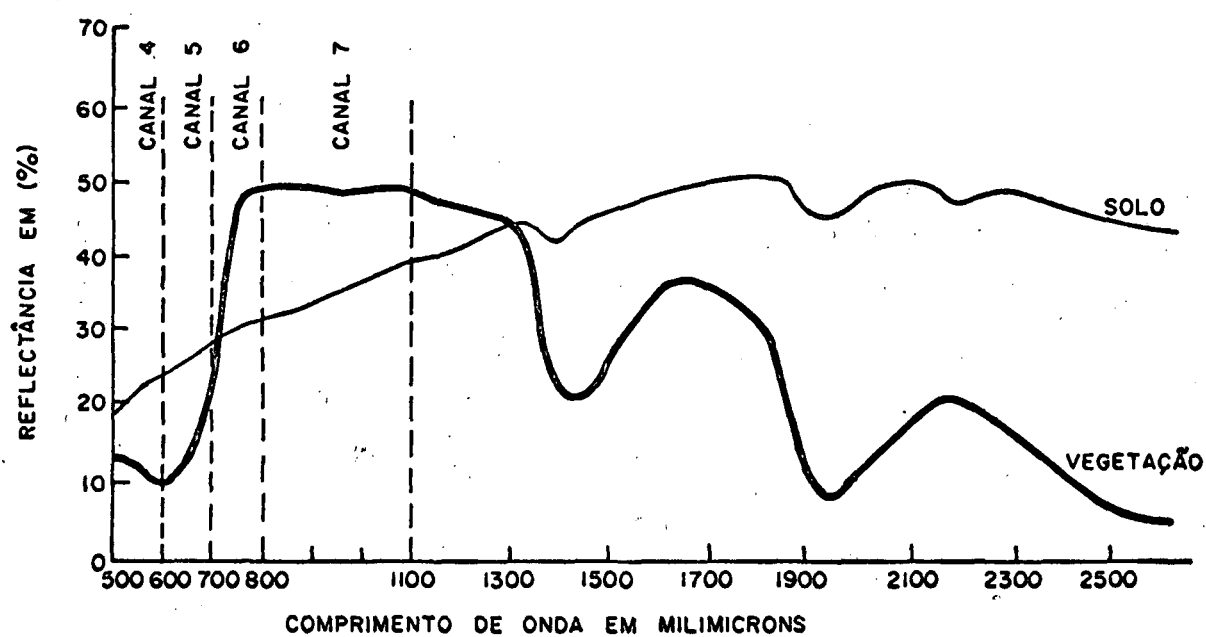


FIGURA 07: Curvas de reflectância espectral de vegetação verde e solos secos ao ar.

b) A banda 5 apresentou considerável diferença em datas diversas, respectivamente maio e setembro de 1973, o que poderia ser atribuído às geadas do outono e aos padrões de reflectância das folhosas, motivo pelo qual os cuidados na interpretação da tipologia durante o outono, devem ser redobrados;

c) As folhosas apresentaram baixa reflectância na banda 5, em setembro;

d) Uma área de queimada apareceu na composição de setembro, mas não na composição de maio;

e) As imagens de maio indicaram a localização de florestas de coníferas na banda 5, enquanto que as bandas 4, 5 e 6 das imagens de setembro mostraram a localização das florestas de folhosas.

SAYN-WITTGENSTEIN⁵⁰, afirma que o COLOR ADDITIVE VIEWER é impressionante na simplicidade de operações. Se imagens de diversas bandas espectrais são sobrepostas, o resultado é essencialmente equivalente às composições coloridas padrão, exceto que o intérprete tem mais oportunidade para modificar a imagem final através de várias intensidades de luz e filtros. Examinando a vegetação na porção Sul do Delta do Rio Mackenzie, no Canadá, pareceu mais efetivo combinar as bandas 4 e 5, de preferência a banda 5, com uma ou ambas as bandas infravermelho. A utilidade mais significativa do COLOR ADDITIVE VIEWER é na formação de composições de imagens tomadas em diferentes ocasiões. Os padrões que se apresentaram numa das imagens como uma separação colorida distinta, não apareceram em outra.

ALDRICH*, sendo citado por HELLER²⁰, diz que, apesar de

* ALDRICH, R.C. Evaluation of ERTS.1 data for forest and rangeland surveys. USDA Forest Serv. Res. Paper PSW-112, 1975. 67 p.

que a resolução das imagens SKYLAB serem de três a oito vezes melhores que as imagens LANDSAT, os intérpretes não puderam classificar povoamentos florestais além do primeiro nível - florestas versus áreas não florestais - o qual foi separado corretamente 90 a 95% das vezes, enquanto que coníferas somente puderam ser distinguidas de folhosas 70 a 95% das vezes. Outras áreas como agricultura, campos e pastagens não puderam ser reconhecidas.

HEATH & PARKER¹⁸, analisando imagens LANDSAT-I da Floresta Nacional Sam Houston, Texas, para aplicações no campo florestal, concluíram que o canal 4 (verde) foi o mais pobre dos quatro canais, fornecendo pouca ou nenhuma informação. O canal 5 (vermelho) foi o melhor para alguns tipos de vegetação, porém muito pobre na detecção de folhosas. No canal 6 (infravermelho-próximo), as florestas de folhosas tornam-se mais evidentes, enquanto que os povoamentos de *Pinus spp*, menos visíveis. O canal 7 (infravermelho-próximo) apresentou características similares ao canal 6, evidenciando florestas de folhosas, porém de maneira inferior.

SAYN-WITTGENSTEIN⁴⁹, salienta ainda que a utilização de composições coloridas das bandas 4, 5 e 6 do LANDSAT, produziu surpreendentes e nítidas separações entre florestas de coníferas e folhosas.

VAN ES⁵⁵, pesquisando as florestas de Barsur Range, no Distrito de Bastar, Índia, utilizando a técnica de realce de cores através do "COLOR ADDITIVE VIEWER" e combinando os filtros azul, verde e vermelho com as imagens das bandas 5 e 7, concluiu que as florestas decíduas encontravam-se bem agrupadas, o que permitiu uma clara distinção entre essas florestas e áreas não florestadas.

LEE*, citado por MURTHA & WATSON³⁵, comenta que a banda 5 do MSS é a melhor para separação entre áreas florestais e não florestais.

Ao contrário, MURTHA & WATSON³⁵, afirmam que as imagens da banda 5 somente, não são suficientes para identificar regiões de desmatamento e áreas florestais e que uma análise preliminar de imagens LANDSAT, revelou que a combinação dos canais 5 e 6 é a melhor opção para efetuar a interpretação e mapeamento de tais padrões. Com o auxílio de uma ampliação a uma escala de 1:150.000 das imagens de satélite no "COLOR ADDITIVE VIEWER", áreas de exploração florestal e uma avaliação relativa da regeneração nessas áreas cortadas, podiam ser claramente identificadas, e o progresso do desmatamento foi registrado através da comparação de áreas exploradas em 1972, 1973 e 1974.

WINQUIST & JACKSON⁶⁰, estudando regiões de incêndios florestais em Alberta, no Canadá, e comparando fotografias aéreas preto e branco em escala de 1:50.000, imagens LANDSAT em escalas de 1:1.000.000 e 1:500.000, e ampliações de 1:125.000, 1:100.000, 1:80.000 e 1:63.360, concluíram ser possível a utilização de imagens da banda 5 do MSS para separar áreas florestadas de não florestadas. A utilização de imagens de satélite certamente fornecem um considerável potencial para o planejamento do Manejo Florestal.

KING & RAINS²⁵, avaliando imagens LANDSAT para um estudo de recursos terrestres na Etiópia, e comparando com fotografias aéreas, concluíram que, devido à baixa reflectância da banda 5, áreas florestais apresentaram uma tonalidade es-

* LEE, Y.J. Monitoring forest management operations. The Canadian Survey. 28 (2) : 135-141, 1974.

cura contínua, contrastando com áreas de cultivo, com reflectância alta. Apesar de difícil a distinção das mesmas áreas florestais na Banda 7 (alta reflectância no infravermelho próximo), foi possível obter uma impressão positiva, mais clara da topografia.

HEATH¹⁷, utilizando diversos métodos supervisionados com auxílio de computador com finalidades de estudo das coníferas da Floresta Nacional Sam Houston, através da combinação de três canais de LANDSAT, com as cores vermelho, verde e azul num processo aditivo, tornou possível a criação de uma composição colorida similar à fotografia infravermelho. Através dos resultados, produziu um mapa, com 70% a 90% de exatidão com as medidas de campo.

LEE²⁹, estimando áreas de exploração florestal em British Columbia, Canadá, utilizou técnicas diversas para transferir dados florestais sobre um mapa. Primeiramente fotografou cenas do vídeo do "COLOR ADDITIVE VIEWER", usando filme 35 mm colorido em diapositivos; em seguida transferiu os detalhes das imagens a um mapa, utilizando um projetor de slides. Posteriormente, analisando fitas CCT no "MULTISPECTRAL IMAGE ANALYZER-IMAGE 100", produziu um sistema de classificação supervisionado. Os resultados foram novamente fotografados com filme 35 mm colorido em diapositivos e utilizados para comparar com as cenas obtidas do Color Additive Viewer. Por fim concluiu que:

a) O canal 5 foi o que apresentou melhores condições na identificação dos diversos padrões, inclusive vegetação;

b) As melhores imagens foram aquelas com realce de cores em datas diversas, onde os diferentes tipos florestais apareceram distintamente;

c) A técnica de realce de cores obteve sucesso devido a divisas nítidas dos tipos florestais.

MYHRE*, citado por HELLER¹⁹, idealizou um esquema para produzir negativos das transparências do LANDSAT. O esquema permite uma ampliação de 35 (trinta e cinco) vezes, de boa qualidade. Tal procedimento permite a comparação de fotografias aéreas com as ampliações do LANDSAT, que são igualmente úteis na confirmação de campo.

SAYN-WITTGENSTEIN⁴⁹, usando transparências em branco e preto e composições coloridas, evidenciou diferenças sutis entre florestas de *Picea glauca* (Moench.) Voss e *Picea mariana* (Mill) B.S.P., em associação com padrões de drenagem e topografia.

OLSON⁴², afirma que os filmes e os filtros podem realçar a tonalidade dos contrastes fotográficos de certos tipos de alvos, como também reduzir esta qualidade em outros.

* MYHRE, R.J. A system for producing quality black-and-white negatives from ERTS transparencies (Manuscript in preparation).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

A região em estudo compreende o espaço geográfico entre os paralelos 24° a 29° e $30'$ de Latitude Sul e os meridianos 49° e $30'$ a 54° a Oeste de Gw., numa área aproximada de 160.000 km^2 , situando-se em parte dos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde há a distribuição natural de florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, como o demonstram as Figuras 08 e 09.

3.1.2 GEOMORFOLOGIA, RELEVO E GEOLOGIA

O trabalho desenvolvido pela PROSPEC⁴⁶, ressalta que a geomorfologia da Região Sul apresenta-se como uma sucessão de três grandes feições chamadas planaltos, de Leste para Oeste, englobadas sob a designação de "Planalto Meridional Brasileiro". A maior parte da área situa-se no designado 3º Planalto, onde o derrame de rochas básicas (basalto, meláfiro) chamado Trapp, datado do Triássico Superior (Rético), forma uma imensa superfície que cobre cerca de $1.000.000 \text{ km}^2$. As rochas básicas são, comumente diaclasadas e apresentam falhas, às vezes extensas, que dão as direções preferenciais

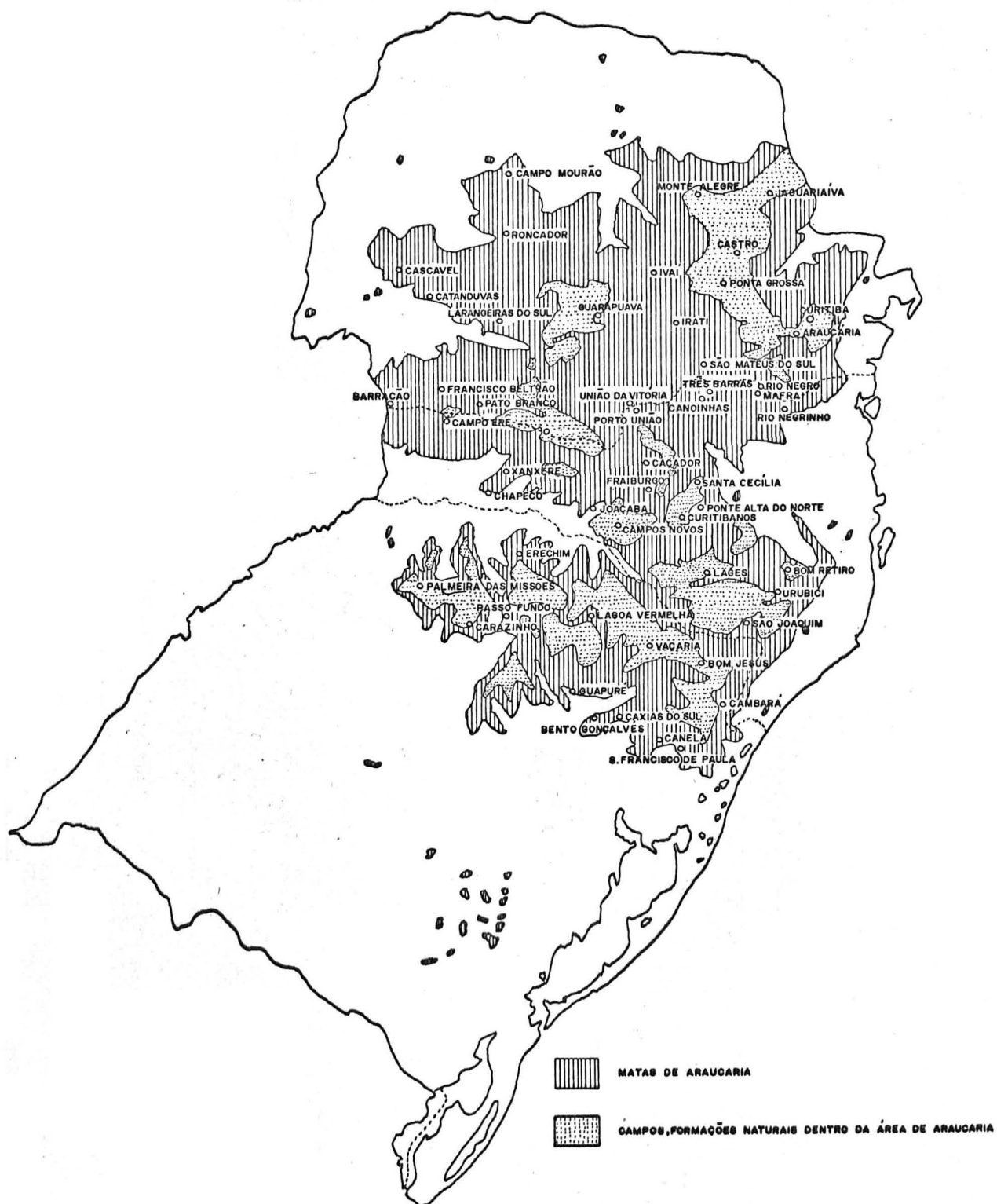


FIGURA 08: Área de distribuição geográfica natural da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

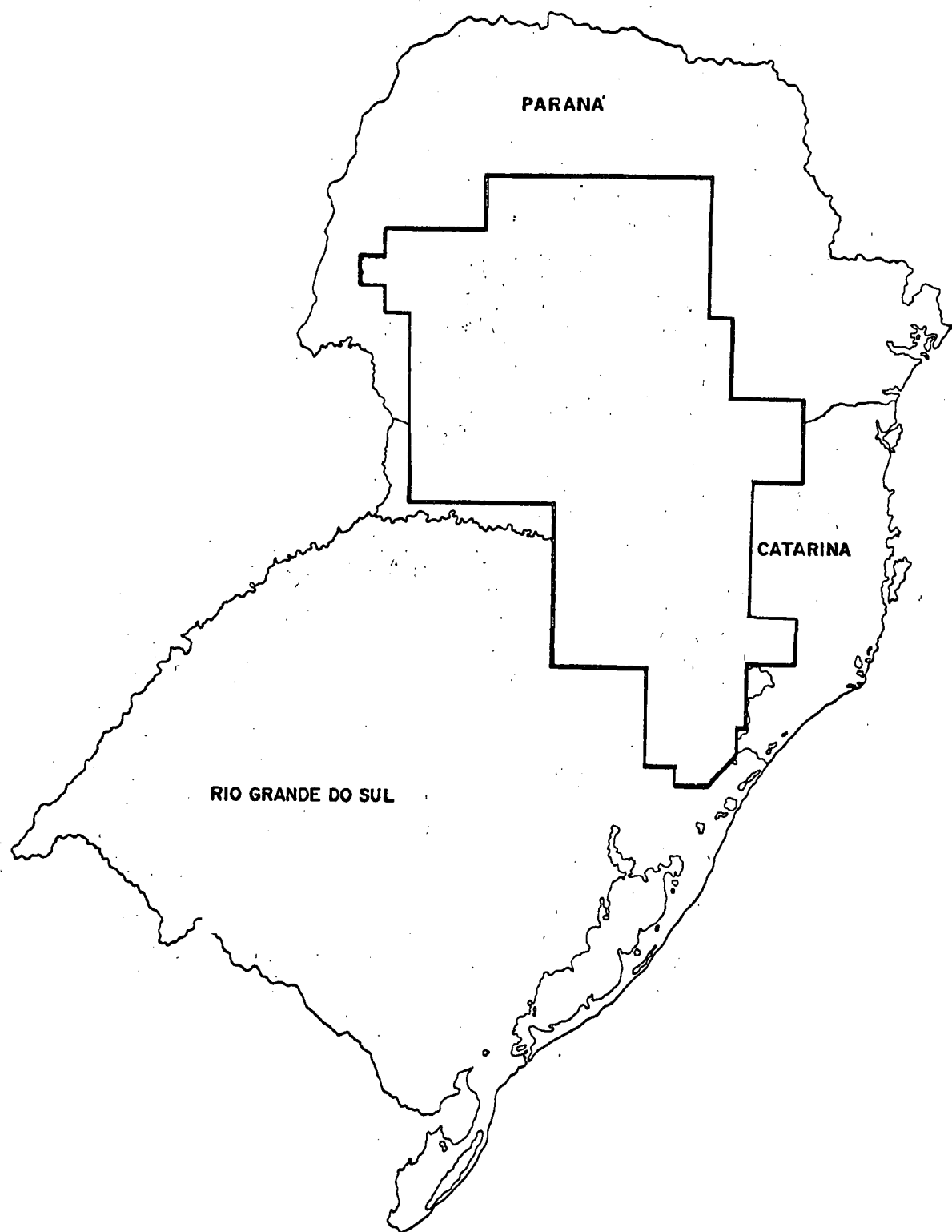


FIGURA 09: Localização da área da pesquisa.

da drenagem. Em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, o Trapp avança para Leste, atingindo o Litoral em Torres. No Sul do Paraná e Norte de Santa Catarina, inclui a Leste, parte das superfícies sedimentares do Permo-Carbonífero e Permiano e a Noroeste, região de Mamborê e Campo Mourão, pequena superfície coberta pelo arenito Caiuã, eólico, do grupo São Bento, do Jurássico. A Figura 10 apresenta a localização dos perfis geológicos da área em estudo.

As altitudes variam de 400 metros no Rio Grande do Sul a 1.400 metros em Santa Catarina. O relevo predominante em Santa Catarina é o suave-ondulado a ondulado, com altitudes entre 800 a 1.000 metros, ocorrendo ainda escarpas íngremes com relevos ondulados até montanhosos. No Paraná os "campos" aparecem em altitudes superiores a 700 metros, por vezes ultrapassando a 1.000 metros em alguns locais, apresentando relevo predominantemente suave-ondulado, com afloramentos de rochas básicas. As regiões de "campos", com maiores extensões no 3º Planalto, além de ocorrer em Palmas no Paraná, aparecem também em Campos Novos, Estado de Santa Catarina e ao Nordeste do Rio Grande do Sul. De um modo geral predomina o relevo ondulado.

3.1.3 SOLOS :

OLIVEIRA⁴¹, afirma que os solos da região de ocorrência da *Araucária angustifolia* são principalmente argilosos e sílticos, apesar de que a espécie pode ocorrer em diferentes tipos de solos.

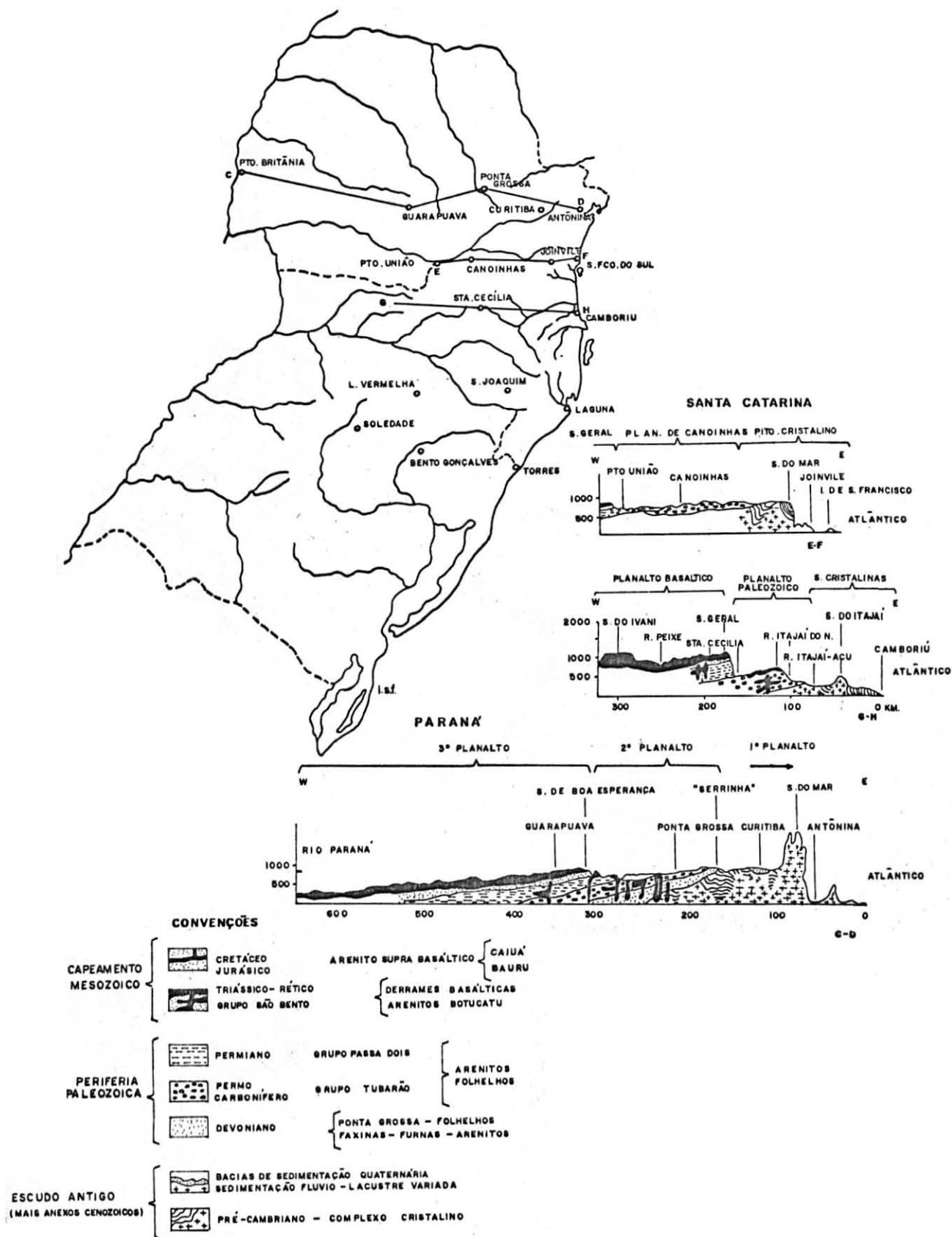


FIGURA 10: Localização dos perfis geológicos da área da pesquisa.

CAMARGO & BENNEMA⁵, apresentam um traçado dos principais grandes grupos de solos encontrados na Região Sul, conforme Figura 11.

a) Solos "relacionados com rochas básicas do planalto meridional".

Latosol Roxo, "Terras Roxas", solos Lateríticos Bruno Avermelhados, Latosol Vermelho Escuro textura média e argilosa, Areias Vermelhas e Amarelas, Podsolico Vermelho Amarelo, Solos Gley Húmico e Solos Litólicos;

b) Solos "das zonas mais elevadas do planalto do Sudoeste e Sul".

Rubrozem, Solos Bruno Ácidos (similar), presumivelmente uma modalidade altimontana de Latosol e Solos Litólicos, Solos Humíferos de vales altimontanos;

c) Solos "das zonas elevadas do interior do planalto meridional".

Solos Lateríticos Bruno Avermelhados, modalidade subtropical de latosol textura argilosa e média, Solos Litólicos e Solos Hidromórficos.

d) Solos "das encostas Sul do planalto meridional".

Solos Prairie Avermelhados e Solos Litólicos.

3.1.4 CLIMA

Segundo a classificação climática de Köppen, utilizada por MAGNANINI³³, na confecção do Mapa Climático da Região Sul do Brasil, Figura 12, predomina o clima mesotérmico do tipo temperado, onde a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C, e de um modo geral, pode-se situar os três

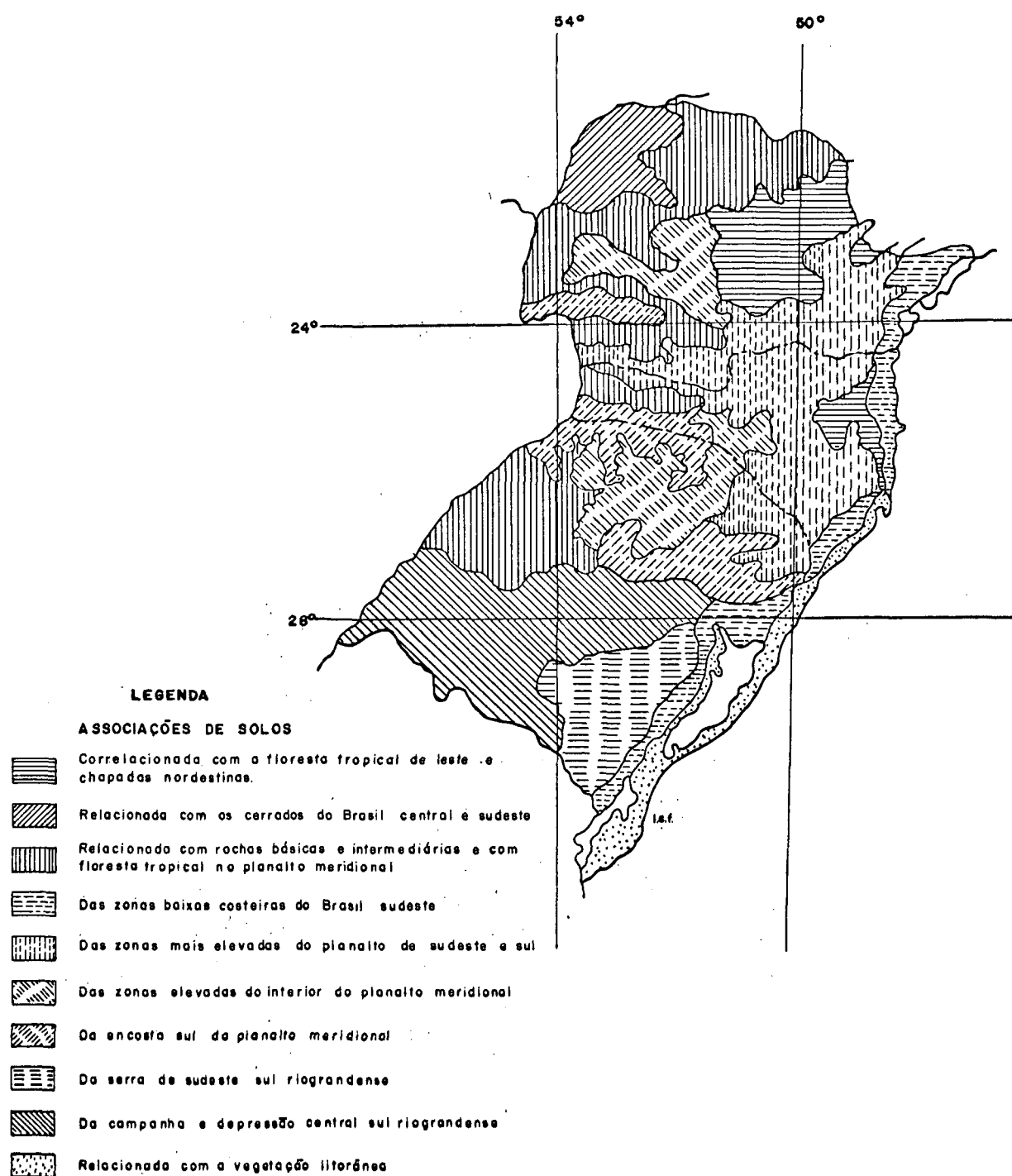
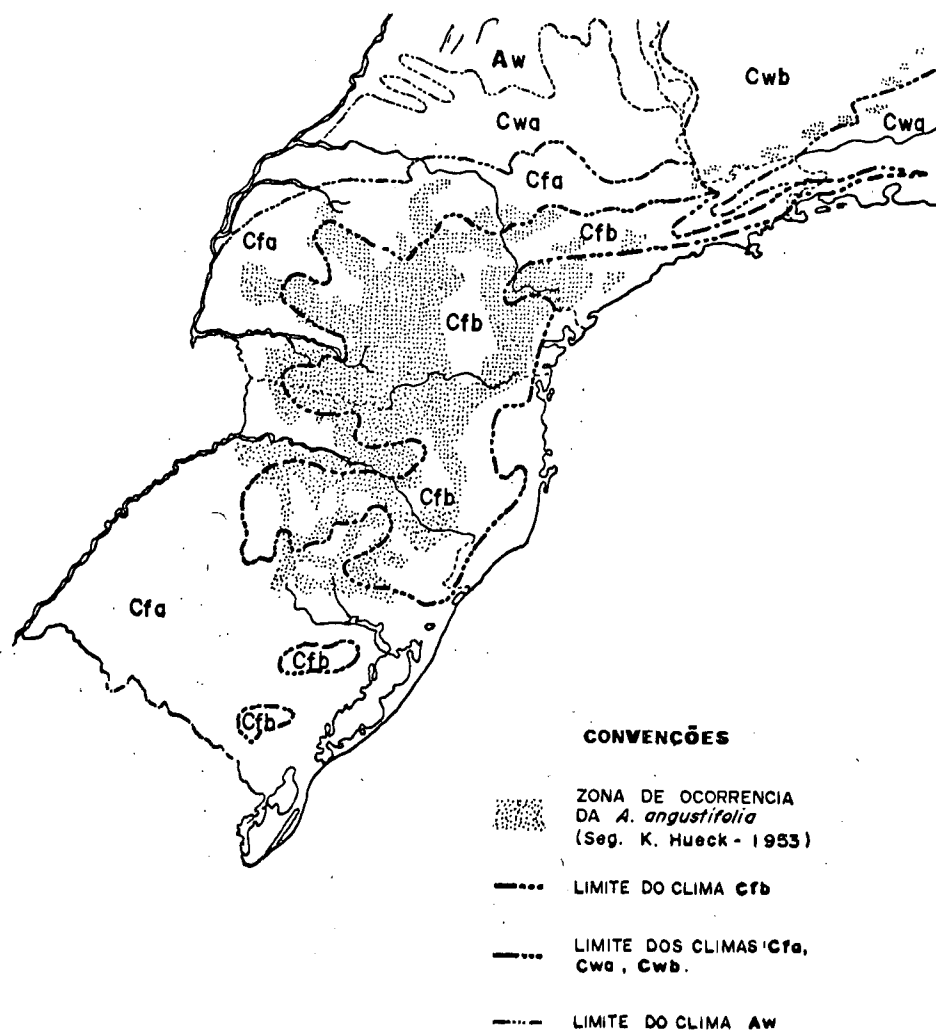


FIGURA 11: Principais Associações de Solos da Região Sul.



MAPA CLIMÁTICO DO BRASIL - REGIÃO AO SUL DO PARALELO 20° 45'
 ("ATLAS DO BRASIL" CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA, 1960 - ORGANIZA-
 DO POR RUTH MAGNANINI)

FIGURA 12: Mapa climático da Região Sul.

Estados dentro do tipo climático Cf por serem as chuvas uniformemente distribuídas durante o ano, com as variações Cfa e Cfb.

HUECK²², ressalta que as condições de pluviosidade na região da Araucaria sô excepcionalmente se registram menores que 1.400 mm de chuvas e em nenhum local menores que 1.000 mm.

Segundo NIMER³⁹, as precipitações variam no Paraná, de 1.152 a 1.788 mm, em Santa Catarina, de 1.188 a 2.390 mm e no Rio Grande do Sul, de 1.140 a 2.456 mm. As temperaturas médias anuais variam de 15,6 a 20,5 no Paraná, de 15,3 a 20,6 em Santa Catarina, e de 14,5 a 19,8 no Rio Grande do Sul. As isotermas do mês mais quente (22°C) abrangendo os planaltos elevados do Paraná (700 a 750 m), Santa Catarina (600 a 700m) e Rio Grande do Sul (550 a 600 m). As isotermas inferiores a 20°C estão acima de 750 m, sobressaindo-se Vacaria no Rio Grande do Sul, Lages e São Joaquim em Santa Catarina e Palmas no Paraná. A isoterma de 13°C em julho, envolve grande parte do Planalto Meridional e constitui o mais importante limite térmico da Floresta de Araucaria. Esta isoterma acompanha as cotas altimétricas de 700 a 1.000 m no Paraná, 700 a 800 m em Santa Catarina e 400 a 500 m no Rio Grande do Sul. A Figura 13 relaciona a temperatura média anual à altitude.

ROGERS⁴⁸, afirma que em toda a área de distribuição da Araucaria, a média de precipitação anual não desce abaixo de 1.250 mm, chegando a atingir 2.450 mm em São Francisco de Paula, no Rio Grande do Sul.

Através do Mapa de precipitação da Região Sul do Brasil, Figura 14, elaborado por MAGNANINI³³, verifica-se que a

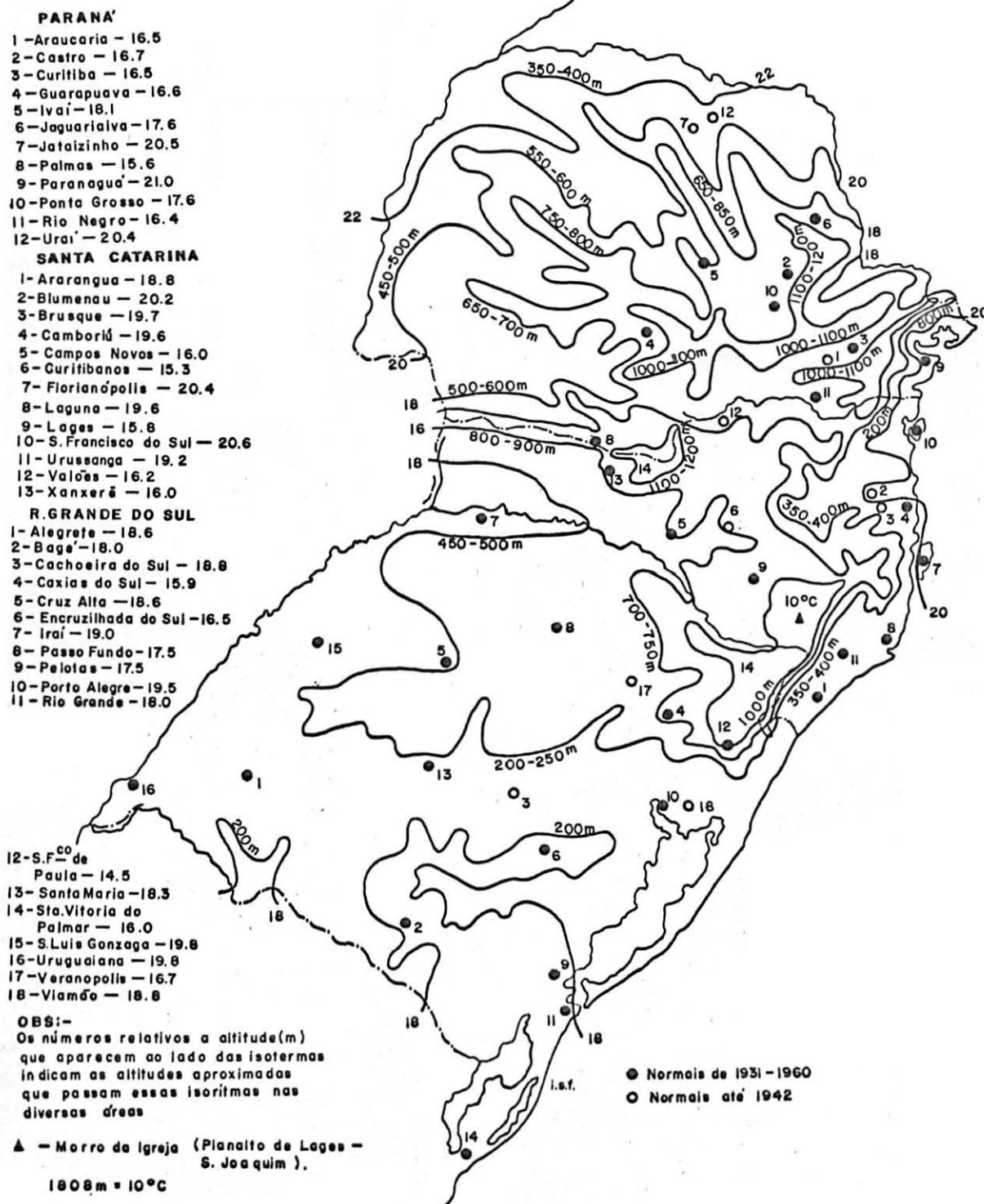
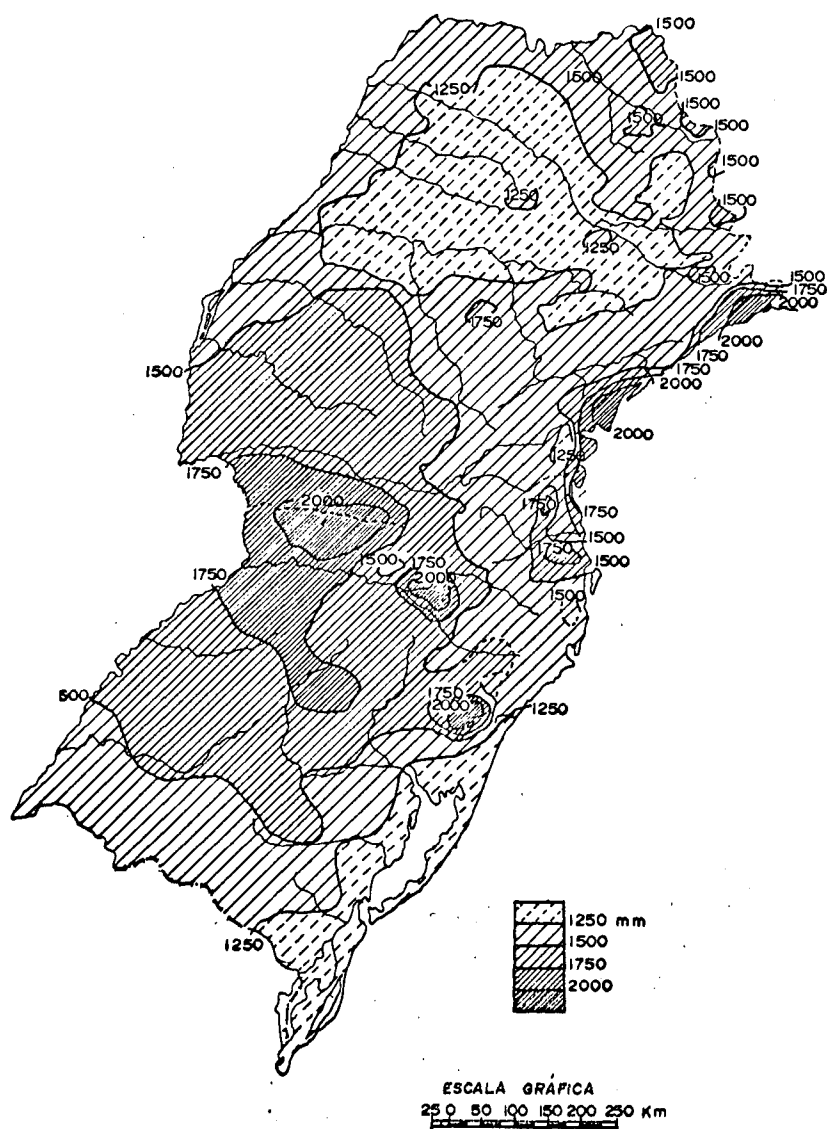


FIGURA 13: Temperatura média anual (°C)



CHUVAS - ISOIETAS ANUAIS

SEGUNDO RUTH L. C. MAGNANINI

FIGURA 14: Mapa de precipitação da região Sul do Brasil.

área de ocorrência de *Araucaria*, está em zonas onde ocorrem de 1.500 a 2.000 mm de precipitação anual.

Pela análise de balanço hídrico, método de Thorntwaite, em nenhuma das estações meteorológicas localizadas na área, há deficiência hídrica, sendo a evapotranspiração potencial sempre inferior às precipitações. O Índice Hídrico é "A" muito úmido com $I > 100$.

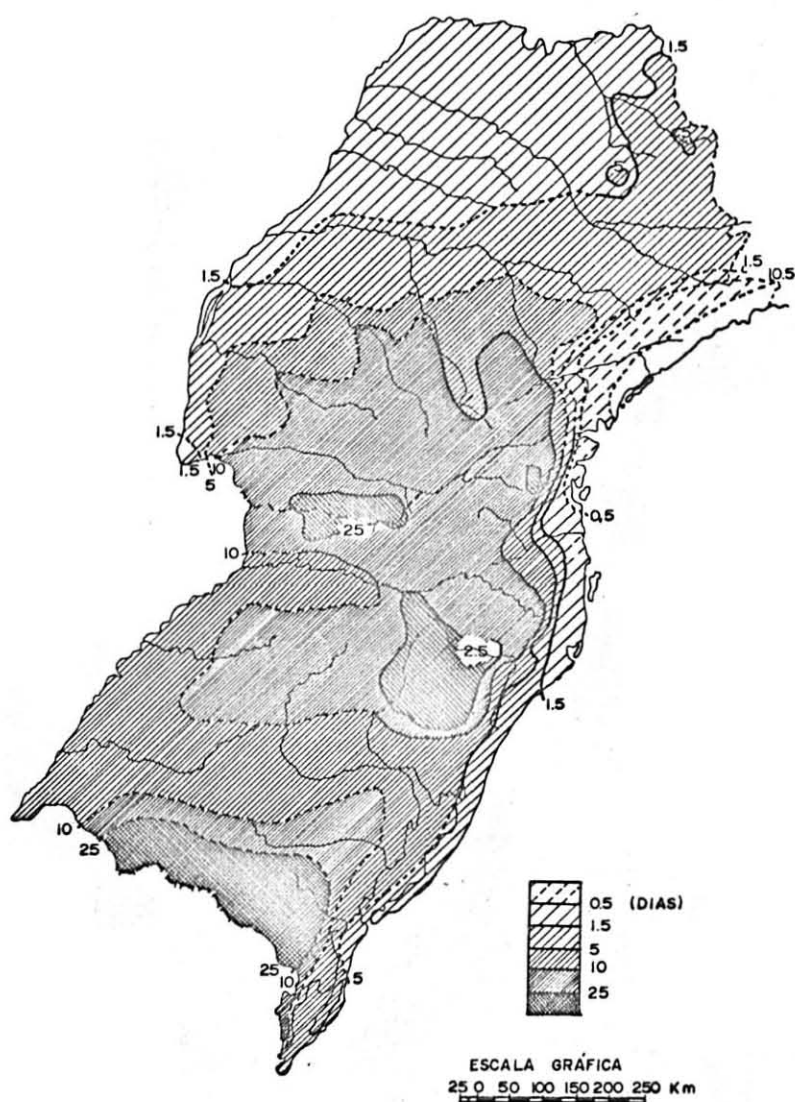
Podem ocorrer ainda na área de distribuição da *Araucaria*, de 10 a 25 geadas anuais, conforme o índice de frequência de geadas elaborado por MAGNANINI³³, ilustrado pela Figura 15.

3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS FLORESTAS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

A vegetação natural do Sul do Brasil tem sido objeto de inúmeros e cuidadosos estudos, dentre os quais destacam-se os de Maack (1948), Hueck (1953) e Veloso (1966) para o Estado do Paraná; de Klein (1960/63), Reitz e Klein (1966) para Santa Catarina e Rambo (1956) para o Rio Grande do Sul.

GOLFARI¹⁶, preconiza que grande parte do planalto entre 500 a 1.500 m de altitude está ocupada pela floresta mista de *Araucaria*, onde a conífera, elemento dominante, encontra-se associada, geralmente, com árvores e arbustos latifoliados. As mais frequentes são:

Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) Erva-mate (*Ilex paraguaiensis* St. Hill.), Imbuia (*Ocotea porosa* (Ness.) Ang.) e outras lauráceas (*Ocotea* spp e *Nectandra* spp) Cedro (*Cedrella fissilis* Vell.), uma conífera (*Podocarpus lambertii* Klotz.) e também uma samambaia arborescente (*Dicksoniana sellowiana*).



GEADAS - FREQUÊNCIA MÉDIA ANUAL

SEGUNDO RUTH L.C. MAGNANINI

FIGURA 15: Mapa de distribuição de geadas.

Dentro da mata de Araucaria se interpõe, em forma de faixas ou de ilhas, extensos campos, que por sua vez encerram pequenos bosques e matas ciliares isoladas e esparsas, contendo também Araucaria. Em algumas áreas a mata e o campo se alternam em forma de mosaico.

Segundo OLIVEIRA⁴¹, o pinheiro inclui-se em vários tipos florísticos, sejam de matas ou de campos. Em determinados locais eles são preponderantes em relação a outras espécies; já em outros locais eles se rarefazem, constituindo papel secundário da paisagem e há ainda locais em que a vegetação é de gramíneas, na qual o pinheiro, com outras espécies, surge em capões ou geralmente acompanhando um curso de água qualquer.

KLEIN²⁷, comenta que a vegetação da região da Araucaria não constitui uma formação homogênea e contínua. É formada por múltiplas associações e agrupamentos, que se encontram nos mais variados estágios de sucessão. São compostas cada uma por espécies características e próprias de cada estágio. A vegetação arbórea é interrompida de quando em quando, pelos campos naturais ou edáficos, que muito contribuem para a fisionomia tão característica do planalto Sul brasileiro. Nas diversas associações, é a árvore mais alta cujas copas umbeliformes de um verde escuro, formam uma cobertura arbórea muito característica e que se distingue facilmente das demais.

Para estudos de associações de Araucaria com espécies latifoliadas aparecem trabalhos de Klein (1960/1963), Veloso (1962/1966) e de Reitz e Klein (1966).

Acrescenta ainda que o planalto Sul brasileiro comporta os seguintes estágios de sucessão e associações:

- Araucaria e Campo
- Araucaria e associações pioneiras
- Araucaria e *Ocotea pulchella* Mart. (Canela lageana)
- Araucaria e *Ocotea porosa* (Nees.) Ang. (Imbuia)
- Araucaria e Mata Pluvial

3.3. MATERIAIS

Foram utilizados para a realização desta pesquisa, produtos do sistema LANDSAT (LAND SATELLITE) recobrimento aerofotogramétrico e cartas fotográficas e florestais da região.

3.3.1 PRODUTOS LANDSAT

Os produtos LANDSAT utilizados compreendem imagens em branco e preto, transparências positivas e fitas compatíveis a computador, os quais continham as informações necessárias ao desenvolvimento da pesquisa, abrangendo 13 (treze) cenas obtidas através do subsistema de Varredura Multiespectral (MSS) do LANDSAT. As escalas, datas e outras informações estão contidas nos Quadros 02 e 03, a seguir.

QUADRO 02: Imagens utilizadas na pesquisa

IMAGEM	ÓRBITA	PONTO	DATA	ESCALAS	BANDAS
75247-122837	178	32	04/09/75		
75212-123348	192	29	31/07/75		
75293-121611	192	29	20/10/75		4
75212-115849	192	30	31/07/75	1/3.704.000	
76198-115849	192	31	16/07/76		
76315-122437	192	32	10/11/76		5
74173-124402	206	29	22/06/74		
75213-123030	206	29	01/08/75		
74173-124427	206	30	22/06/74	1/1.000.000	
75213-123955	206	30	01/08/75		6
76235-120129	206	31	22/08/76		
76055-121504	206	32	24/02/76		
74174-124945	220	29	23/06/74		
75214-124513	220	29	02/08/75	1/250.000	
74174-125010	220	30	23/06/74		
75214-124538	220	30	02/08/75		7
75214-124603	220	31	02/08/75		
76200-121457	234	29	19/07/76		

A Figura 16 apresenta a distribuição da cobertura de imagens LANDSAT para a área da pesquisa.



FIGURA 16: Cobertura de imagens LANDSAT para a área da pesquisa.

QUADRO 03: Fitas compatíveis a computador utilizadas na pesquisa.

FITAS CCT	ÓRBITA	PONTO	DATA	BANDAS
ID-2-3134	178	32	04/09/75	
ID-2-13439	192	29	12/09/77	4
ID-2-2646	192	30	31/07/75	
ID-1-20272	192	31	16/07/76	5
ID-1-14750	192	32	16/06/76	
75213/123930	206	29	01/08/75	6
75213/123955	206	30	01/08/75	
ID-2-2660	206	31	01/08/75	
75213/124045	206	32	01/08/75	7
75214/124513	220	29	02/08/75	
75214/124538	220	30	02/08/75	
ID-2-2674	220	31	02/08/75	
75170/124039	234	29	19/06/75	

3.3.2 RECOBRIMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO, CARTAS TOPOGRÁFICAS E FLORESTAIS

Para que se obtivesse a maior quantidade possível de informações sobre as áreas de treinamento, utilizou-se fotografias aéreas infravermelhas e pancromáticas preto e branco, conforme especifica o Quadro 04.

QUADRO 04: Fotografias aéreas utilizadas na pesquisa

DISCRIMINAÇÃO	ESCALA	ANO DO RECOBRI- MENTO	ÁREA DE RECOBRI- MENTO km ²	FONTE
Fotografias aéreas		1971	23.230	
infravermelho	1/50.000	1972	80.917	PROSPEC/VASP
preto e branco		1973	15.908	
Fotografias aéreas				
pancromáticas	1/25.000	1972	26.600	CRUZEIRO DO SUL/IBC
preto e branco				
Fotografias aéreas				
pancromáticas	1/60.000	1964	9.000	USAF
preto e branco				

Foram utilizados ainda mapas planimétricos em escala de 1:250.000, especialmente elaborados pela PROSPEC S/A, a partir de fotografias aéreas, pelo método da montagem de triangulação radial mecânica, com "Slotted templates" apoiada em pontos astronômicos - 5 pontos por quadrícula de 1° x 1°30'. Sobre estes mapas planimétricos, a equipe da PROSPEC elaborou cartas florestais, nas quais estão delimitadas as áreas ocupadas pelas diferentes unidades das reservas de *Araucaria angustifolia* e outras áreas de reflorestamento, as quais foram bastante úteis no mapeamento final da vegetação, um dos objetivos desta pesquisa.

3.3.3 RECURSOS MATERIAIS PARA O TRABALHO DE CAMPO

Neste trabalho foram empregados: estereoscópio de lentes, máquina fotográfica, imagens LANDSAT nos canais 5 e 7 em

escala de 1:1.000.000 e fotografias aéreas verticais em escalas de 1:50.000 e 1:60.000.

3.3.4 SISTEMA IMAGE-100

O INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais possui em seus laboratórios, em São José dos Campos, Estado de São Paulo, um sistema de Análise de Imagens Multiespectrais - I-100, produzido pela General Electric Company, que tem a finalidade de extrair informações temáticas, automaticamente, de imagens terrestres obtidas remotamente por satélites ou aviões. Pode também proporcionar um melhoramento nas imagens analisadas através de subsistemas próprios. Para se extrair informações temáticas, age-se de forma supervisionada, isto é, o analista tem condições de supervisionar a classificação feita pelo sistema e modificá-la.

Para a análise multiespectral das imagens LANDSAT, foram empregados diversos procedimentos e programas, os quais são descritos no item 3.4.6, adiante.

3.3.5 MATERIAL DE ESCRITÓRIO

Fez-se uso também de equipamentos de desenho, lupas de mão e de mesa, estereoscópios de espelhos, projetor de slides, mesa de luz, papel vegetal, polyester estável transparente e cronaflex.

3.3.6 RECURSOS MATERIAIS PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS

Nesta etapa, utilizou-se o "Integrador de Área Foliar AUTOMATIC AREA METER - modelo AAC-400", que se baseia no princípio fotoelétrico (uma célula fotoelétrica e dois espelhos integradores) com precisão de um milímetro quadrado e rendimento pelo menos cem vezes superior ao planímetro.

3.4 METODOLOGIA

3.4.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

Foram coletados dados relativos à interpretação visual de imagens LANDSAT, reflectância dos diversos objetos à superfície terrestre e outros relativos às técnicas de interpretação semi-automática por métodos supervisionados.

Posteriormente, essas informações bibliográficas foram catalogadas por assunto e autor, com a finalidade de facilitar a recuperação.

3.4.2 ESCOLHA DAS ÁREAS-TESTE PARA VERIFICAÇÃO DE CAMPO

Lógico seria supor-se que na região de distribuição natural de uma espécie florestal nativa, como é o caso da *Araucária angustifolia*, os fenômenos naturais que influem direta ou indiretamente, não sofram grandes variações, o que leva a crer que a fisiografia da área da pesquisa não apresente igualmente grandes alterações. Assim, a escolha das áreas de treinamento restringiu-se a fatores que melhor re-

presentavam a área de estudo. Optou-se então por áreas localizadas somente no Estado do Paraná, porque já se possuía algumas informações de campo representativas e porque as distâncias eram mínimas.

As áreas escolhidas, ilustradas pela Figura 17, foram as seguintes:

- Manguueirinha
- Quedas do Iguaçu
- Mamborê - Nova Cantu - Roncador

3.4.3 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE TREINAMENTO

3.4.3.1 MANGUEIRINHA

Essa área-teste está localizada na Quadricula SG-22-V-D- "Guarapuava", cujos limites estão determinados pelos paralelos 25° a 26° de Latitude Sul e pelos meridianos 51° a $52^{\circ}30'$ de Longitude Oeste. Situada no 3º planalto paranaense, é constituída pelas rochas do Trapp Paraná (diabásios, meláfios, vitrófios, etc.) com arenitos eólicos intertrapp, e cotas acima de 700 metros. Ao Sul do Rio Iguaçu, acompanhando toda a área, predominam as formas movimentadas. O tipo climático é o Cfb, abrangendo as Matas de Araucaria, associadas a taquarais e palmáceas (*Arecastrum romanzoffianum*, predominante e *Cocos eriospatha*). Podem ocorrer também campos limpos (estepes de gramíneas) com capões e matas ciliares

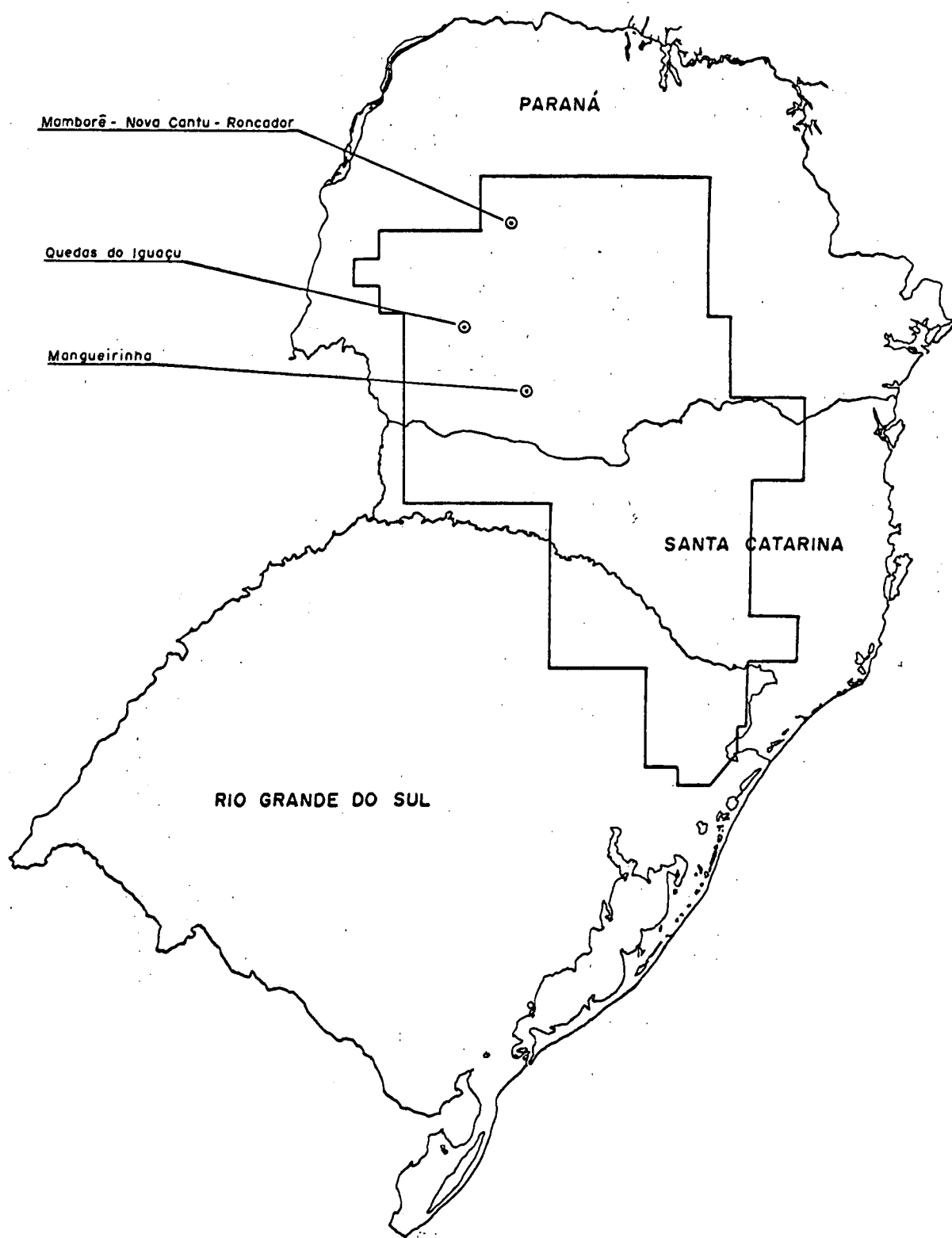


FIGURA 17: Localização das áreas de treinamento.

com epífitas. Algumas folhosas podem ser encontradas na área, entre elas: as canelas (*Ocotea* spp e *Nectandra* spp) a Guabiroba (*Campomanesia guaviroba* (DC.) KK.), a Guaçatunga (*Casearia decandra* Jacq.) e outra conífera *Podocarpus lambertii* Klotz.).

3.4.3.2 QUEDAS DO IGUAÇU

Localizada na Quadrícula SG-22-V-C, tem os limites extremos determinados pelos paralelos 25° e 26° S e meridianos 52°30' e 53°45' W. Também situada no 3º planalto paranaense, constituído pelos derrames de Trapp (basalto e meláfiro), predominando os solos classificados como Terra Roxa Estruturada e Latosol Roxo. A topografia é em geral suave, exceto nos vales dos rios; a altitude situa-se entre 500 e 700 metros. Os rios mais importantes da região são o Iguaçu com seus afluentes da margem direita, Guarani, Adelaide e Tormenta e aqueles da margem esquerda, Chopim e Cotegipe.

O relevo e as boas condições dos solos favorecem a exploração agrícola, desenvolvendo-se extensos plantios com boa tecnologia, adubação e mecanização. Devido à ocupação agrícola, é intensa a exploração dos remanescentes das florestas com e sem Araucaria. Nessa área de treinamento estão localizadas as melhores reservas de *Araucaria angustifolia* da quadrícula e talvez de toda a Região Sul, as quais estão situadas entre a estrada para Quedas do Iguaçu e o Rio Iguaçu, e pertencem à firma GIACOMET - Indústria e Comércio de Produtos Agropecuários S/A, que utiliza duas serrarias para aproveitamento da madeira, especialmente de Araucaria.

Outrora, muitos espécimes de Cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e Peroba (*Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg.) eram encontrados esparsos e associados com a Araucaria em floresta mista. Ainda hoje podem ser encontrados: o Açoita-cavalo (*Luhea divaricata* Mart.), a Canela-amarela (*Nectandra* sp.), o Pessegueiro bravo (*Prunus sellowii*), a Canela-guaicã (*Ocotea puberula* Ness.), etc.

3.4.3.3 MAMBORE - NOVA CANTU - RONCADOR

Essa área de treinamento, mapeada na folha "Campo Mourão" - quadrícula SG-22-V-B- tem os limites determinados pelos paralelos 24° a 25° S e meridianos 51° a 52°30' S. Situada sobre os derrames de rochas básicas, o Trapp, ocorrem também os diabásios e andesitos porfiríticos. A cidade de Campo Mourão está localizada sobre terrenos influenciados pelo arenito Caiuã, que penetra desde o rio Paranã até Mamborê, limite Norte da área de treinamento, cobrindo os derrames do Trapp.

Os principais rios que drenam a região são: Rio Caratua, Rio Tricolor e Rio Paratium.

A altitude varia de 700 a 850 m, sendo o Morro dos Mirantes, a cota mais alta, situada na zona central da área-teste. O relevo é ondulado em quase toda a área, passando a forte ondulado na região do Morro dos Mirantes. A área foi outrora coberta por uma densa floresta, sendo que a aproximadamente 23 km abaixo de Campo Mourão, são encontradas re-

servas de Araucaria, constituindo talvez a área limítrofe dos grandes maciços desta espécie, remanescentes ainda da intensa exploração da região, o que faz supor seu breve desaparecimento.

3.4.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS A RESPEITO DAS ÁREAS-TESTE

As áreas-teste foram principalmente escolhidas, para que se pudesse estabelecer diferenças básicas nos padrões de reflectância e conseqüentemente a caracterização da tipologia florestal a ser avaliada. A determinação de áreas em hectares, das áreas-teste, está descrita no item 3.4.8 adiante.

De posse das informações bibliográficas sobre as áreas de treinamento, estabeleceu-se uma correlação com as imagens orbitais da banda 7 monocromáticas, em escalas de 1:1.000.000 e 1:250.000, aliadas às fotografias aéreas.

Este procedimento revelou que a Araucaria possuía uma assinatura espectral característica, diferenciando-a das demais por uma tonalidade cinzenta-escura. A comparação entre imagens interpretadas da banda 7 e mapas elaborados a partir de fotografias aéreas e trabalho de campo executado nessas áreas-teste, apresentou uma correlação próxima entre a densidade de cobertura da espécie e aquela tonalidade.

3.4.5 INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS MONOCROMÁTICAS

Através da análise visual da característica de tonalidade das imagens, em escalas de 1:1.000.000 e 1:250.000, nas bandas 5 e 7, propostas por HEATH & PARKER¹⁸, HELLER¹⁹, LEE²⁸, VALÉRIO FILHO⁵³ e outros, foi possível o delineamento de unidades homogêneas de cobertura vegetal, em particular do Pinheiro do Paraná, que ficou caracterizado como de baixa reflectância, aparecendo tanto no canal 5 como no canal 7 com um contraste tonal cinza mais escuro, em relação ao restante da vegetação.

A textura fotográfica das imagens, considerada aqui como de aspecto secundário, apresentou-se muito pouco ou quase nada informativa para interpretação da Araucaria.

O padrão de imagem resultante, foi comparado com os mapas de "verdade-terrestre", tendo sido encontrados resultados satisfatórios, que são apresentados adiante.

Partiu-se então para utilização das metodologias parcialmente propostas por BERLIN et al⁴, VAN ES⁵⁵, LEE²⁹, entre outros, descrita a seguir.

3.4.6 A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE ANÁLISE DE IMAGENS MULTI-ESPECTRAIS

As imagens a serem analisadas são carregadas no sistema através de fitas magnéticas digitais.

O analista pode controlar e modificar o processo de análise, baseado no conhecimento prévio da área de interesse.

Através de um "Console analisador de imagens", compos-

to de um televisor colorido, console para operação e controle do sistema e de um "terminal gráfico" que é utilizado como meio de comunicação com o sistema, é possível efetuar-se os comandos necessários e obter resultados numéricos, histogramas e utilizar programas diversos.

O primeiro programa utilizado - INPERTS - consistiu na leitura das fitas CCT do LANDSAT.

Depois foram então aplicadas funções de pré-processamento, as quais podem melhorar a qualidade dos dados. A técnica de processamento denominada CORREÇÃO RADIOMÉTRICA dos dados das fitas CCT, foi utilizada com o objetivo de eliminar "ruídos".

Segundo WILLIAMSON⁵⁹, uma cena tem 3.240 pixels na horizontal por 2.340 pixels na vertical. Para que se pudesse obter uma escala de 1:250.000 no vídeo do Sistema I-100, cada cena foi dividida em nove módulos de 1.080 x 780 pixels. Estes módulos são armazenados na memória através do programa INPERTS.

Deve ser esclarecido que o máximo em flexibilidade de máquina foi utilizado; muitas pequenas mudanças na estrutura básica das imagens foram efetuadas, com o que se pode contar com a habilidade do operador do Sistema I-100, um Engenheiro Eletrônico.

Um terceiro programa, denominado CONTRAST STRETCH foi aplicado para realçar as características da imagem, através do "alongamento dos contrastes". Esse programa tem o objetivo de eliminar ou reduzir o efeito de "sombreamento", devido à forma da Terra. Tal procedimento foi utilizado para que se

separasse as sombras que poderiam visualmente ser confundidas com os efeitos de absorção da Araucaria.

Muitas combinações de cores, densidades e relações foram usadas para realçar as características muito poderosas das imagens, particularmente nas bandas 5 e 7, sendo que as imagens reveladas no vídeo, naquelas variações que coincidiam com a distribuição da Araucaria, quando correlacionadas a um mapa de verdade-terrestre, foram gravadas em diapositivos, conforme o apresentado no Quadro 05.

QUADRO 05: Combinações de cores reveladas pelo Sistema I-100

COMBINAÇÕES FILTRO/CANAL			COMPOSIÇÃO REVELADA NO VÍDEO DO SISTEMA
VERMELHO	VERDE	AZUL	
5	7	4	Colorido normal
7	5	4	Inverso do colorido normal
5 ST	7 ST	4	Colorido com "contrast stretch"
7 ST	5 ST	4	Falsa cor com "contrast stretch"
5 ST	7 ST	I 5 ST	Inverso do colorido normal com "contrast stretch"

ST = Contrast stretch; I = Inverso ou negativo.

Esse processo analítico foi então aplicado em 13 (treze) fitas CCT, usando a mesma combinação paramétrica, da qual resultaram 585 diapositivos.

Os diapositivos coloridos foram fotografados do vídeo do sistema com uma câmara ASHAI PENTAX MX 50 mm, utilizando filme 35 mm EHB-135 - TUNGSTEN 3.200⁰K - de alta sensibilidade, em escala de 1:250.000.

Através desta metodologia foi produzido um sistema de classificação supervisionado, semelhante ao utilizado por LEE²⁹, em 1973.

3.4.7 O MAPEAMENTO FINAL

Eventualmente à medida em que as imagens iam sendo produzidas pelo vídeo do sistema, naqueles realces de cores mais bem sucedidos, eram indexadas e com o auxílio de um "projektor de slides", os detalhes iam sendo transferidos sobre os mapas-base, resultando em cartas florestais com diferentes níveis de características tipológicas.

O traçado da rede viária, rede de drenagem, cidades e outros detalhes já haviam sido interpretados aerofotograficamente nos mapas-base.

3.3.8 DETERMINAÇÃO DE ÁREAS

Conforme foi citado anteriormente no item 3.3.6, utilizou-se o Integrador de Área Foliar - AUTOMATIC-AREA-METER-AAC-400, para a determinação das diversas áreas de tipologia florestal, áreas não florestadas, áreas urbanas, nuvens e/ou neblina e áreas das quadrículas.

Para cada área componente da quadrícula foram efetuadas quatro leituras e adicionado um fator de correção de 3,5% (três e meio por cento), em virtude do erro sistemático cometido, inerente ao aparelho.

Este erro sistemático foi determinado através da medição de áreas-testemunha, cujas dimensões eram conhecidas.

4. RESULTADOS

4.1 INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS MONOCROMÁTICAS

A finalidade primordial da utilização de imagens monocromáticas, foi a identificação da *Araucaria* e sua separação das outras espécies arbóreas, através da quantidade de energia eletromagnética refletida de cada objeto à superfície terrestre.

Nas imagens, cada tonalidade, variando do branco ao negro, indica uma intensidade de reflexão da luz. O branco representa baixa absorção de energia e o preto, alta absorção.

Portanto, através da comparação das reservas de *Araucaria*, nos quatro canais, foi possível determinar a alta natureza de absorção dessa espécie, a qual apareceu com um contraste tonal cinza-escuro em relação às demais formas vegetais.

Não foram estabelecidas chaves de interpretação para imagens monocromáticas, uma vez que foram utilizadas como causa, na determinação de uma metodologia.

4.2 ESTABELECIMENTO DA TIPOLOGIA FLORESTAL

A tipologia florestal estabelecida foi:

TIPO I - Floresta de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.
Ktze., pura de produção, com densidade de 80
a 100%,

TIPO II - Floresta de *Araucaria angustifolia* (Bert.)
O. Ktze., com densidade de 50 a 80%,

TIPO III - Floresta latifoliada com baixa incidência de
Araucaria angustifolia,

TIPO IV - Reflorestamento com *Araucaria angustifolia*,

TIPO V - Reflorestamento com outras essências.

Quando se trabalha com fotointerpretação florestal, muitos detalhes devem ser levados em consideração. O fotointérprete deve ser uma pessoa metódica e muito minuciosa. Um destes detalhes é a escala; dela dependem a riqueza dos padrões fotográficos, o custo, o tempo e principalmente, os resultados obtidos. Certamente, fotografias aéreas em escala grande, elevam os custos, porém enriquecem o trabalho apresentando resultados mais precisos quando comparados àqueles obtidos numa escala pequena. Nesta pesquisa utilizou-se escalas muito pequenas, conforme o indicam os Quadros 02 e 04, e por este motivo algumas pequenas alterações tiveram que ser efetuadas nas unidades de mapeamento apresentadas pela PROSPEC, as quais são comentadas no item 5.3.

4.3 INTERPRETAÇÃO VISUAL DOS DIAPOSITIVOS DAS ÁREAS-TESTE

4.3.1 MANGUEIRINHA

Duas combinações de cores principais, foram utiliza-

das, além da tentativa de uso de algumas outras:

A primeira, combinando o canal 5 no filtro vermelho, o canal 7 no filtro verde e o canal 4, no azul, denominada "colorido normal com alongamento dos contrastes", tendo sido aplicado o programa CONTRAST STRETCH aos canais 5 e 7.

A segunda, denominada "falsa cor com alongamento dos contrastes", combinou o canal 7 com o filtro vermelho, o canal 5 com o filtro verde e o canal 4 com o azul, tendo sido igualmente aplicado o programa CONTRAST STRETCH aos canais 5 e 7.

Conforme ilustra a Figura 18, existe nas imediações da cidade de Manguueirinha, uma área sob regime de preservação denominada Reserva Indígena de Manguueirinha, a qual foi mapeada com os tipos I, II e III.

É perfeitamente possível perceber que a região nas proximidades da reserva, é de caráter essencialmente agrícola. O Mapa 01 apresenta a situação dessa área-teste.

Superfícies extensas foram desmatadas, restando 31.382 ha cobertos com floresta primária, sendo aproximadamente 3.769 ha de floresta tipo I, 5.650 ha de tipo II e 21.963 ha de tipo III.

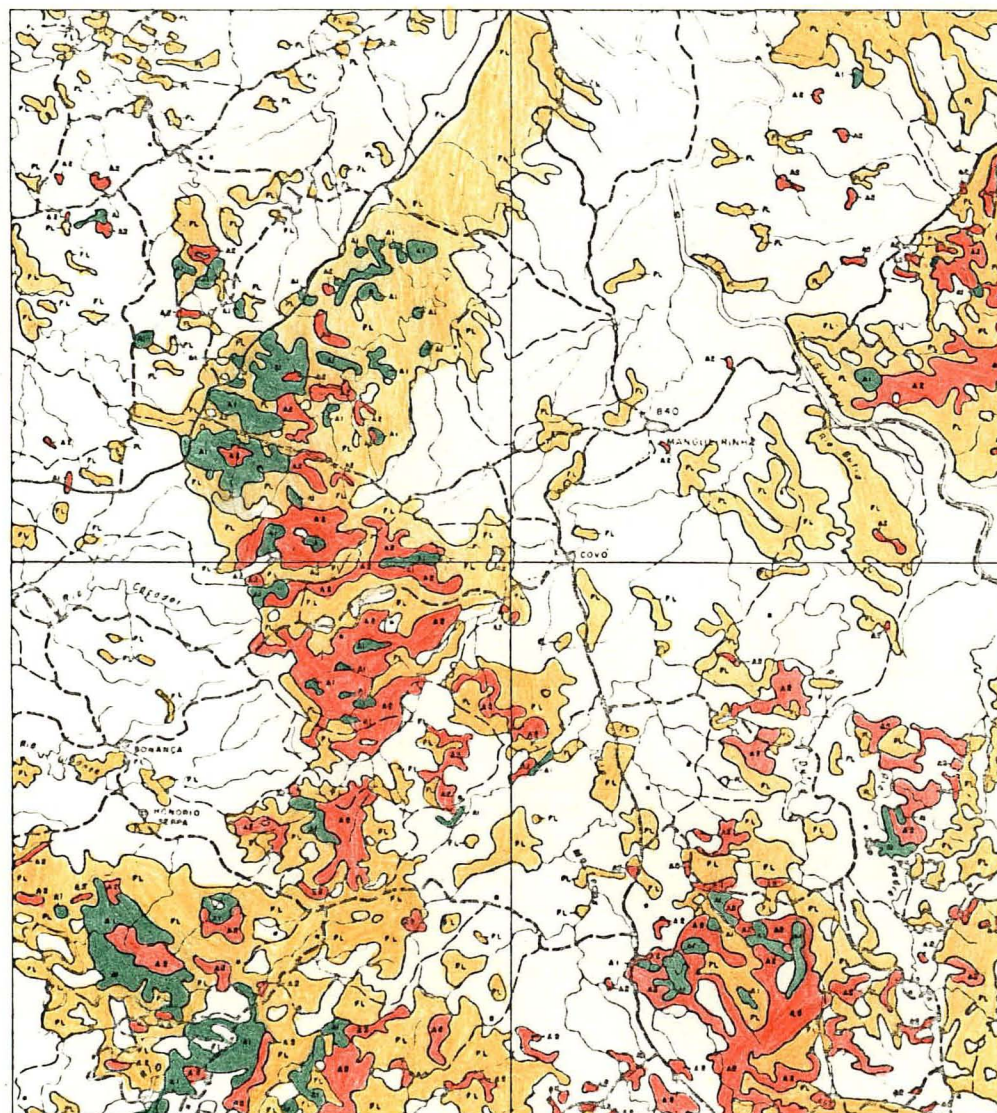
4.3.2 QUEDAS DO IGUAÇU

Nesta área, as principais combinações empregadas foram:

- a) Duas combinações semelhantes às da área de Manguueirinha e,
- b) a terceira combinação utilizou o canal 5 com "stretch"



FIGURA 18 : Área-teste de Mangueirinha. Colorido normal com alongamento dos contrastes.



CONVENÇÕES CARTOGRAFICAS			
ESTRADAS		PONTES	
VILAS		LAGOAS DE TRAMPA D'ÁGUA	
POVOAÇÕES		SARACIN, MEXERCA	
MULHERES DE PAZEMBA		RUAS MEXERCA	
PRATAS		COLMEIAS	
ESTRADAS DE FERRO		SUM. BOMBS	
ESTRADAS PAVIMENTADAS		BRILLO	
ESTRADAS DE MOGADO		BRILLO	
ESTRADAS SECUNDARIAS		LAGOAS, LAGOS	
ESTRADAS PRIMARIAS		AT. MONOM. LIMP. DE ÁGUA	
LAGOAS CARPENTARIAS		PORTO EST. LIMP. DE ÁGUA	
ESTRADAS EM CONSTRUÇÃO		PORTO LIMP. DE ÁGUA	
MOGADO			

TIPOLOGIA FLORESTAL

TIPO I

Floresta de *Arucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. pura de produção, com densidade de 80 a 100%.

TIPO II

Floresta de *Arucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. com densidade de 50 a 80%.

TIPO III

Floresta latifoliada com baixa incidência de *Arucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

TIPO IV

Reflorestamento com *Arucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

TIPO V

Reflorestamento com outras espécies.

MAPA 01: Mangueirinha. Escala 1:385.000.

no filtro vermelho, o canal 7 com "stretch" no filtro verde, e o inverso ou negativo do canal 5 com "stretch" no filtro azul.

De toda a região da pesquisa, é a única área nativa contínua, onde é possível encontrar-se florestas de Araucária tipo I, junto ao Rio Iguaçu.

Ao Sul do Rio Iguaçu não existem mais florestas primárias; predominam a agricultura e a pecuária.

Estas reservas, pertencentes a maior parte, à firma "GIACOMET - Indústria e Comércio de Produtos Agropecuários S/A", estão limitadas:

Ao Norte - com o Rio Lontra e as cidades de Espigão Alto e Quedas do Iguaçu,

Ao Sul - com o Rio Iguaçu,

A Leste - com o Rio Chagu e,

A Oeste - com o Rio Guarani e a cidade de Três Barras.

Três usinas hidrelétricas estão sendo construídas ao longo do limite Sul dessas reservas:

Usina Hidrelétrica de Foz do Chopim,

Usina Hidrelétrica de Salto Osório e,

Usina Hidrelétrica de Salto Santiago,

o que provavelmente acarretará grandes danos às reservas, devido à intensa ocupação humana.

Os principais tipos florestais delineados para a região são:

Tipo I - florestas de Araucária pura de produção com densidade de 80 a 100% - 9.959 ha,

Tipo II - florestas de Araucária com densidade de 50 a 80% - 19.165 ha,

Tipo III - Floresta latifoliada com baixa incidência de Araucaria - 68.836 ha,

Tipo IV - Reflorestamento com Araucaria angustifolia - 1.200 ha,

perfazendo um total de 99.160 ha.

As Figuras 18 e 19 apresentam as características dessa área de treinamento, as quais são confirmadas pelo Mapa 02.

4.3.3 MAMBORE - NOVA CANTU - RONCADOR

Nessa área-teste foram utilizadas entre outras, o "colorido normal com alongamento dos contrastes" e o "inverso do colorido normal com alongamento dos contrastes".

Faz limite Norte com a cidade de Mamborê e a BR-338; limite Sul com a cidade de Nova Cantu; a Leste com a cidade de Roncador e a Oeste com a cidade de Campina da Lagoa.

Dois Rios atravessam a região: Rio Tricolor e Rio Sertão.

São as únicas áreas remanescentes de pinheiros nativos, de importância, no extremo-Norte.

Nessa região ocorrem todos os tipos florestais, assim distribuídos:

Tipo I - 4.169 ha

Tipo II - 9.525 ha

Tipo III - 41.382 ha

Tipo IV - 1.325 ha

Tipo V - 188 ha

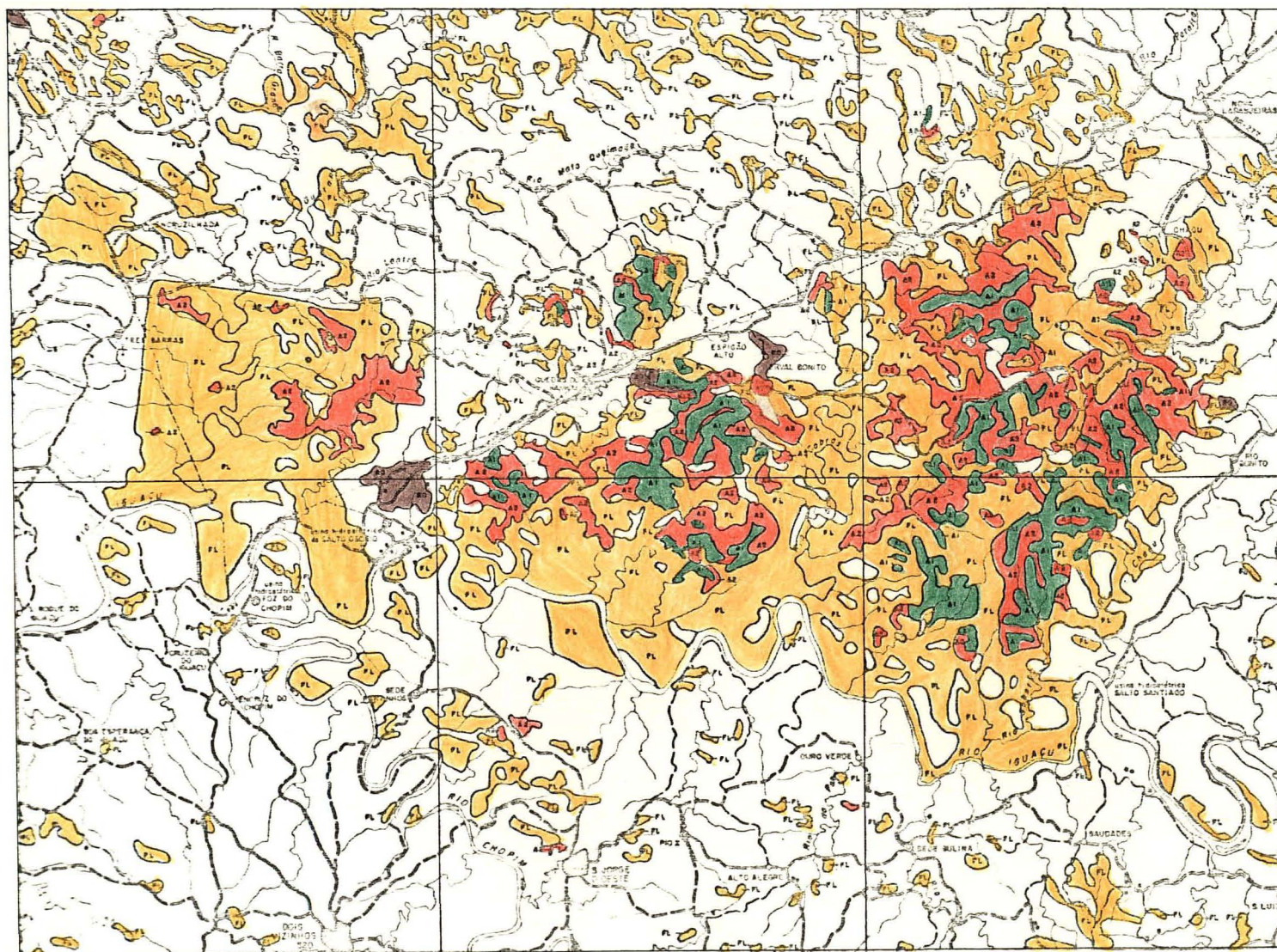
A área total da reserva é de 56.589 ha. As Figuras 21 e 22 ilustram a descrição acima, interpretadas no Mapa 03.



FIGURA 19 : Área-teste de Quedas do Iguaçu. Colorido normal com alongamento dos contrastes.



FIGURA 20 : Área-teste de Quedas do Iguaçu. Inverso do colorido normal com alongamento dos contrastes.



CONVENÇÕES CARTOGRAFICAS			
CIDADES		POBRES	
VILAS		LINEAS DE TRANSMISSÃO	
MOVIDORES		BARREIRAS NATURAIS	
MULHERES DE FACENDAS		RIOZINHO	
PARQUEAS		CANALIZADO	
ESTRADAS DE TERMO		SEM ROLANTE	
ESTRADAS RECONSTRUIDAS		BRILHO	
ESTRADAS DE MOAGEM		ARILHO	
ESTRADAS SECUNDARIAS		LAGOS, LAGOS	
ESTRADAS PRECARIAS		RECONSTRUÇÃO DE ALÇAS	
LAGOAS CARACTERÍSTICAS		PARQUEAMENTO	
ESTRADAS EM CONSTRUÇÃO		PARQUEAMENTO	
RECURSOS			

TIPOLOGIA FLORESTAL	
TIPO I	
	Floresta de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O Rize pura de produção, com densidade de 80 a 100%.
TIPO II	
	Floresta de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O Rize com densidade de 50 a 80%.
TIPO III	
	Floresta reflorestada com base ecológica de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O Rize.
TIPO IV	
	Reflorestamento com <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O Rize.
TIPO V	
	Reflorestamento com outras espécies.

MAPA 02: Quedas do Iguaçu. Escala 1:385.000.

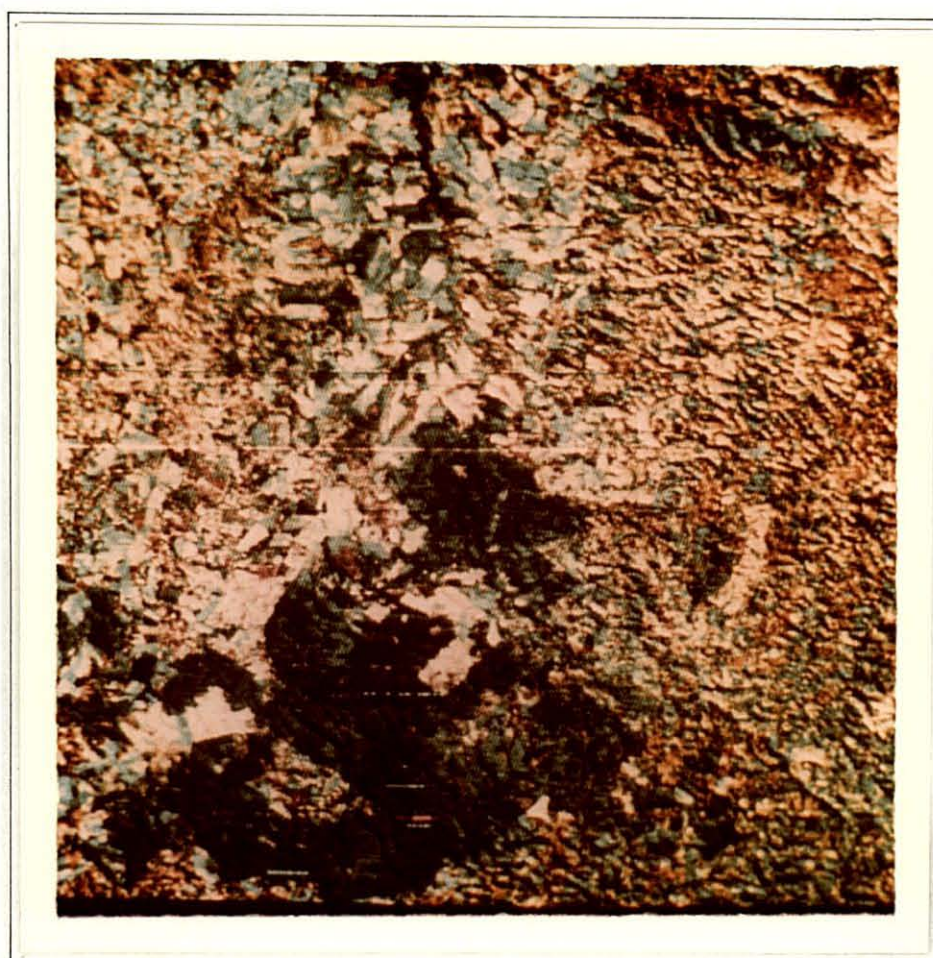


FIGURA 21 : Área-teste de Mamborê-Nova Cantu-Roncador. Colorido normal com alongamento dos contrastes.

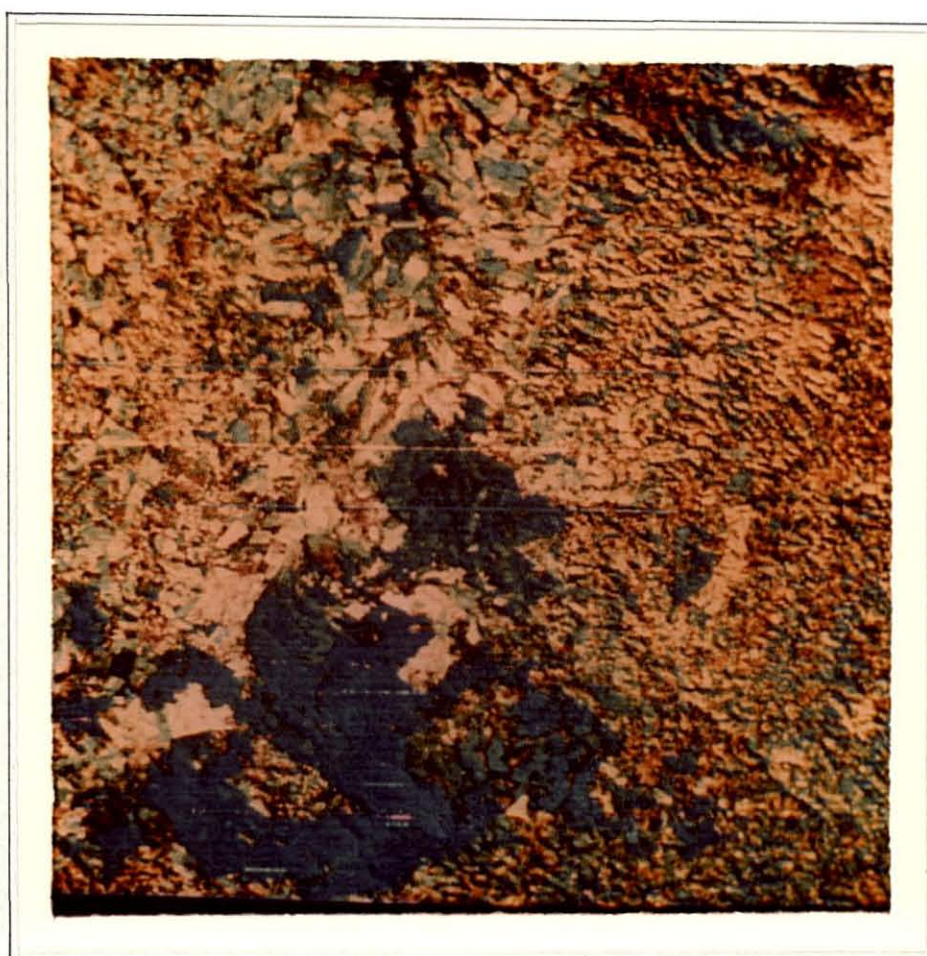
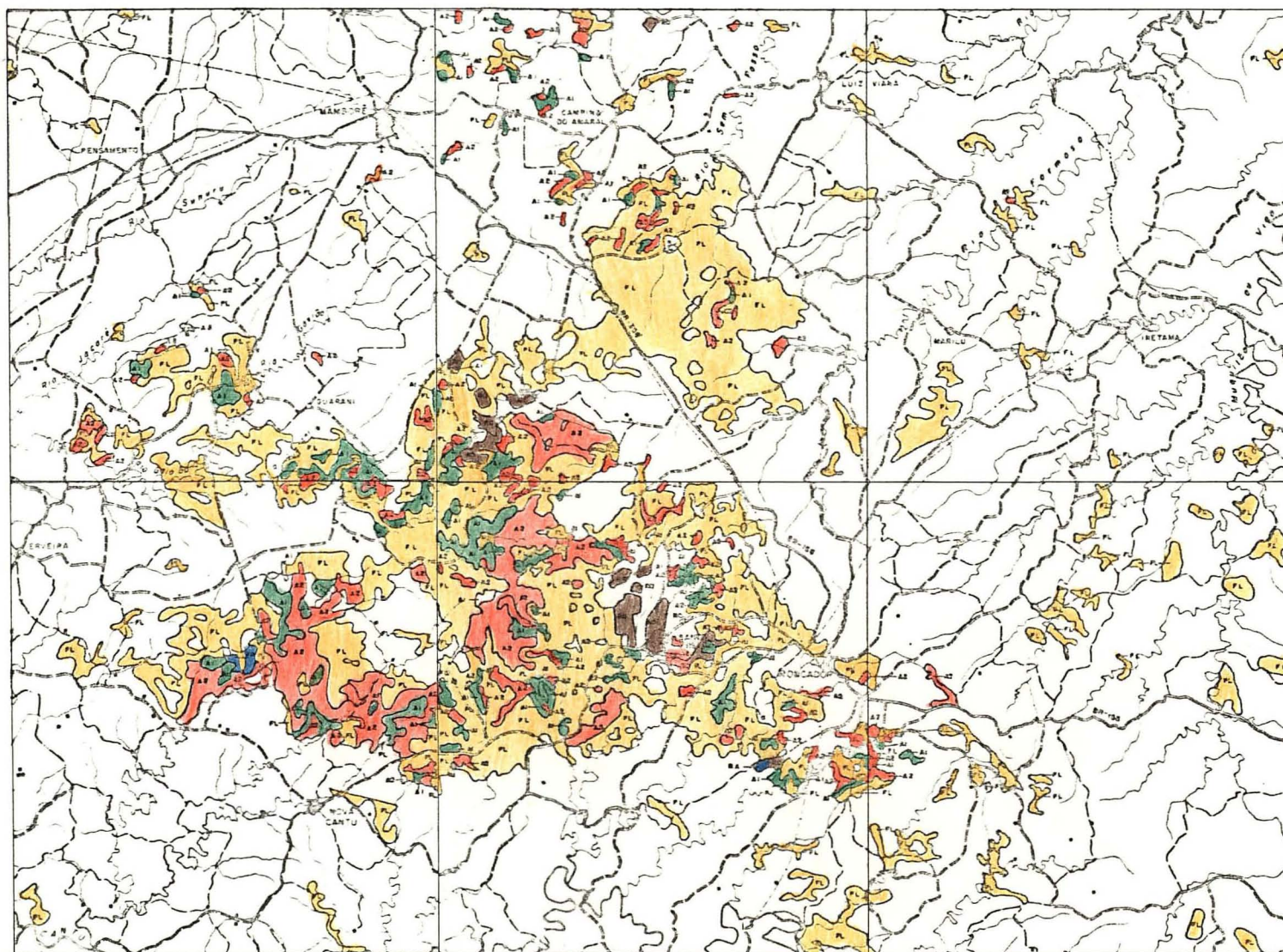


FIGURA 22 : Área-teste de Mamborê-Nova Cantu-Roncador. Inverso do colorido normal com alongamento dos contrastes.



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

CRATER		RIACHOS	
RIACHOS		VAZIOS DE FACHINHO	
NEVADOES		BARREIRAS, NEVADA	
MOLDES DE FALENAS		ROCHOSOS	
PARQUES		CANAL	
ESTRADA DE FERRO		RAM. DUTRA	
ESTRADA NACIONAL		BRILHO	
ESTRADA DE MUDANÇA		ALCANTARA	
ESTRADA SECUNDARIA		ALCANTARA	
ESTRADA DE MUDANÇA		ALCANTARA	
CAMINHOS CARRETEIROS		MONTE ESTERILIZADO	
ESTRADA DE MUDANÇA		MONTE CERRADO	
MONTE			

TIPOLOGIA FLORESTAL

TIPO I		Floresta de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze. para produção, com densidade de 80 a 100%.
TIPO II		Floresta de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze. com densidade de 50 a 80%.
TIPO III		Floresta naturalizada com baixa incidência de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze.
TIPO IV		Reflorestamento com <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze.
TIPO V		Reflorestamento com outras espécies.

MAPA 03: Mamboê - Nova Cantu - Roncador. Escala 1:385.000.



FIGURA 23 : Quadrícula Telêmaco Borba. Colorido normal com alongamento dos contrastes.

A Figura 23, da região de Telêmaco Borba, sede das Indústrias Klabin do Paraná, apresenta diferenças sutis entre reflorestamentos de *Araucaria* e outras coníferas. (Mapa 04).

Os diapositivos acima descritos são aqueles que apresentaram os melhores resultados.

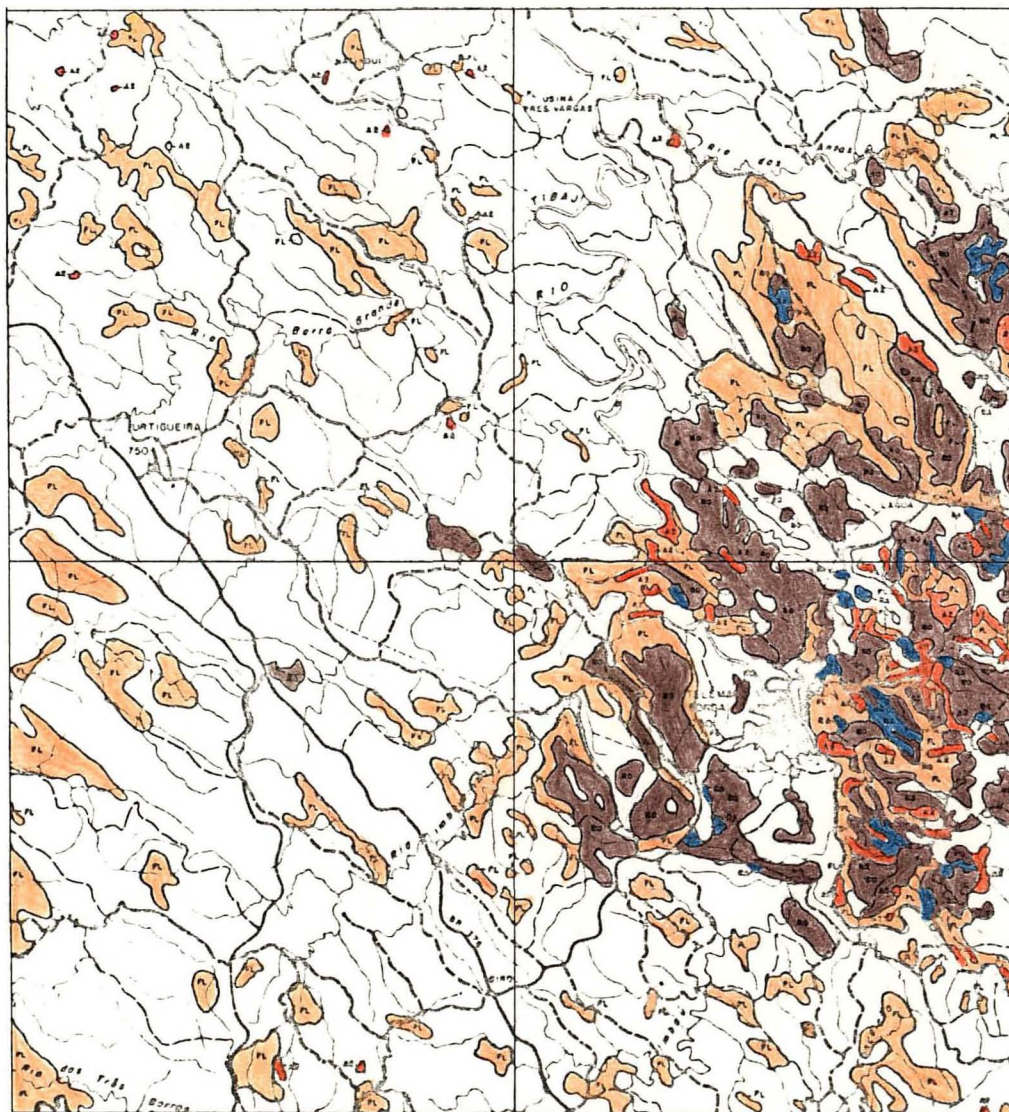
4.4 MAPEAMENTO

Um dos objetivos deste trabalho de pesquisa foi verificar se as imagens LANDSAT poderiam fornecer o potencial analítico para a elaboração de mapas de vegetação, delimitando as principais formações florestais, em especial aquelas de *Araucaria angustifolia*.

Em consequência da interpretação visual das imagens preto e branco e dos diapositivos coloridos, 14 (quatorze) mapas ou cartas florestais foram produzidos, cobrindo uma área de 15.916.854,60 hectares, nos quais são especificadas a tipologia florestal e nuvens, além de outras informações anteriormente identificadas aerofotograficamente pela equipe da PROSPEC.

4.5 DETERMINAÇÃO DE ÁREAS

Para avaliar quantitativamente os mapas elaborados, foram estimadas as áreas e os resultados apresentados no Quadro 06.



CONVENÇÕES CARTOGRAFICAS			
CIDADES		PONTES	
VILAS		ALINHAMENTO DE TRONCO VEIA	
POVOADOS		BARREIRAS, REPRESAS	
MULHEDRES DE FAZENDAS		VAZES, RECURSOS	
FAZENDAS		CAVALOS, VAS	
ESTRADAS DE FERRO		ELIMINACAO	
ESTRADAS DE ENLACE		BRILHO	
ESTRADAS DE ACESSO		BRILHO	
ESTRADAS DE CIRCUNDAÇÃO		UNIDADE, LUGAR	
ESTRADAS PRELIMINARES		ALINHAMENTO DE AVALIAÇÃO	
CAMINHOS CARREIRAS		MUNDO ESTADÍSTICO	
ESTRADAS EM CONSTRUÇÃO		MUNDO ESTADO	
REDE			

TIPOLOGIA FLORESTAL	
TIPO I	Floresta de <i>Arucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze. para produção, com densidade de 80 a 90%.
TIPO II	Floresta de <i>Arucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze. com densidade de 50 a 80%.
TIPO III	Floresta variada, com baixa incidência de <i>Arucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze.
TIPO IV	Reforestação com <i>Arucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze.
TIPO V	Reforestação com outras espécies.

MAPA 04: Telêmaco Borba. Escala 1:385.000.

Quadro .06 – Determinação de Áreas para as Regiões de Florestas de Araucaria (em hectares).

Folhas	TIPOS					Áreas não Florestadas	Áreas Urbanas	Nuvens e/ou Neblina	Área da Folha	Porcentagem da Folha em Relação à Área Florestada
	I	II	III	IV	V					
Campo Mourão	6.368,75	15.181,25	190.298,44	331,25	4.226,56	1.461.710,80	2.951,56	—	1.681.068,70	12,87
Capitania	14.076,56	27.885,94	207.007,81	945,31	5.448,44	975.575,80	2.689,06	—	1.233.628,70	20,70
Cascavel	6.603,13	10.489,06	67.748,48	1.623,48	3.442,19	849.579,78	4.021,88	—	943.508,00	9,53
Dionísio Cerqueira	5.262,50	10.812,50	202.493,75	—	2.839,06	876.060,43	4.564,06	—	1.102.032,30	20,09
Erechim	3.618,75	7.354,69	39.264,06	—	4.678,13	1.016.160,90	2.981,25	18.292,19	1.092.350,00	5,03
Guarapuava	10.443,75	66.295,31	442.950,00	1.721,88	8.771,88	1.140.959,30	2.382,81	—	1.673.525,00	31,68
Lajes	17.945,31	21.828,13	101.609,38	—	28.089,06	866.668,49	3.685,94	53.979,69	1.093.806,00	15,49
Mafra	6.559,38	44.764,06	222.951,56	1.617,19	14.467,19	1.209.132,80	5.667,19	13.053,13	1.518.212,50	19,12
Osório	1.489,06	21.914,06	35.264,06	2.120,31	6.048,44	595.253,13	1.946,88	8.382,81	672.418,75	9,94
Passo Fundo	1.539,06	4.934,38	11.725,00	—	1.779,69	519.712,49	1.759,38	—	541.450,00	3,69
Ponta Grossa	2.756,25	30.575,00	198.093,75	412,50	6.731,25	595.884,00	4.256,25	—	838.709,00	28,44
Porto União	33.101,56	147.273,44	381.201,56	—	4.732,81	1.068.862,40	5.573,44	14.273,44	1.655.018,70	34,22
Telemaco Borba	126,56	6.946,88	86.153,13	3.207,81	27.056,25	435.339,06	1.901,56	—	560.731,25	22,02
Vacaria	10.885,94	28.387,50	166.546,88	1.400,00	3.568,75	1.070.234,70	2.909,38	26.462,50	1.310.395,70	16,08
ÁREA TOTAL:	120.776,56	444.642,20	2.353.307,86	13.379,73	121.879,70	12.681.134,40	47.290,64	134.443,76	15.916.854,60	19,18
Relação a Porcentagem em Área Total da pesquisa	0,76	2,79	14,78	0,08	0,77	79,68	0,30	0,84	100	

5. DISCUSSÃO

5.1 REFLECTÂNCIA ESPECTRAL

Examinando-se fotografias aéreas convencionais com o auxílio de um estereoscópio de espelhos, pode-se notar que a cobertura vegetal da Araucaria apresenta uma textura bastante rugosa e claramente diferenciada das espécies associadas, devido à característica dominante da espécie.

As acículas, conforme a idade, apresentam características peculiares de tonalidade; as jovens possuem dois diferentes tons de verde, diferentes das acículas velhas que possuem uma coloração verde-escura intensa.

Devido às peculiaridades de reflectância espectral apresentadas durante o processo analítico de interpretação visual, no decorrer desta pesquisa, seria lógico supor que fatores internos de qualidade fisiológica, aliados às características morfológicas da espécie, acima descritos, fossem responsáveis pelo fenômeno.

Portanto, para que se possa realmente chegar a conclusões satisfatórias quanto à absorção e reflexão da luz para a Araucaria, existe a necessidade de que sejam efetuados estudos sobre a estrutura interna da acícula através de cortes anatômicos, e também de a submeter a testes em aparelhos próprios - os espectrofotômetros, para a determinação da curva de reflectância espectral característica.

Ora, sabedores do fato de que a água é um fator limitante no que concerne à maior ou menor quantidade de energia eletromagnética refletida pelas coníferas e pelas folhosas - vide Figura 24; novamente supõe-se que o Pinheiro é uma espécie caracteristicamente não-suculenta; suas acículas devem possuir pouca percentagem de água com um parênquima paliçádico bastante desenvolvido e um mesófilo sem ou com poucos vacúolos e muita lignina.

5.2 METODOLOGIA

A metodologia que se adotou nas áreas de treinamento para o estabelecimento de diferentes padrões de tipologia florestal, apresenta grandes vantagens em relação aos métodos convencionais de aerofotogrametria: minimização de custo e tempo de execução.

Esta opção, além dessas vantagens, apresenta outras de menor grandeza, quais sejam:

- a) cobertura repetitiva da mesma área a cada 18 dias, o que permite o estudo dos diferentes grupos de vegetação, sazonalmente,
- b) apresentam quatro diferentes imagens espectrais do mesmo local, sendo duas na faixa do espectro visível e duas no infra-vermelho,
- c) permite uma visão sinóptica de uma grande área,
- d) menor volume de trabalho em comparação a fotografias aéreas convencionais.

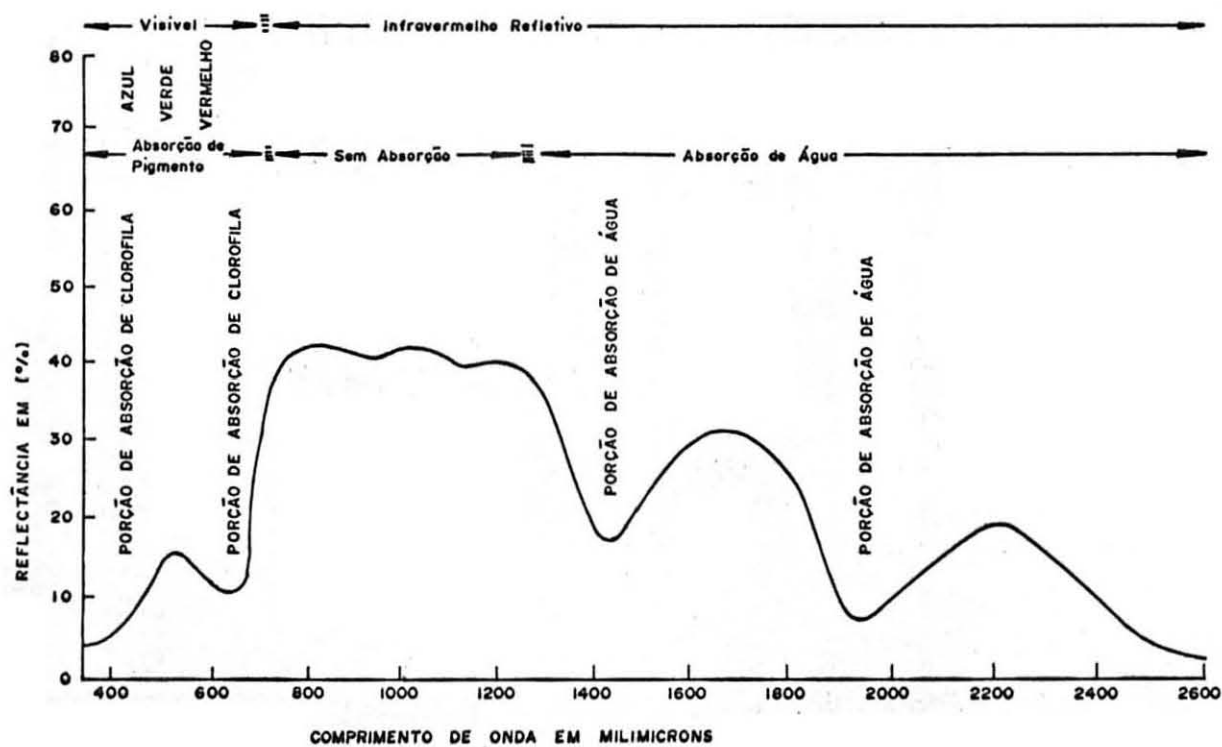


FIGURA 24: Reflectância espectral de uma folha verde.

5.3 TIPOLOGIA FLORESTAL

As unidades de mapeamento elaboradas pela PROSPEC não incluem informações a respeito da densidade de cobertura de copa.

Devido aos detalhes mencionados no item 4.2, quando se trabalha com escalas muito pequenas, é necessário que se estabeleça níveis de densidade diversos, o que facilita enormemente a interpretação.

O tipo I, de fácil interpretação, caracterizou-se por uma coloração preta, ocasionada pela alta densidade do dossel de copas. A coloração preta que demonstra a imagem, é devida provavelmente a um albedo muito baixo, que distingue a Araucaria.

O tipo II apresentou-se com uma coloração verde-escuro, podendo-se perceber a participação de caráter seletivo das indústrias na exploração madeireira. O aumento da reflectância espectral é devido à diferença de densidade de copas, em relação ao tipo I.

O tipo florestal III, que maior volume de interpretação proporcionou, de coloração verde-claro, denotando a Araucaria em pequena escala, consorciada com folhosas, resultado de uma exploração maciça e irracional desta espécie. Este tipo não constava como unidade de mapeamento na classificação tipológica da PROSPEC; resolveu-se incluí-lo nesta pesquisa por vários motivos: a grande incidência em relação aos demais; a importância econômica de muitas folhosas nos três Estados do Sul; a associação, em pequena escala, de coníferas neste tipo; e porque esta pesquisa poderá ser utilizada

como fonte de informação a futuros mapeamentos.

O tipo IV nas imagens de satélite, apresentou-se muito difícil para identificação, porque possuía características de textura e tonalidade semelhantes ao tipo I.

O mesmo problema foi encontrado com o tipo V em relação ao tipo III, porém em menor intensidade. Em virtude disso, somente alguns reflorestamentos, tanto de Araucaria como de outras coníferas, foram possíveis de indentificar com certeza naquelas imagens.

5.4 DIFICULDADES

Apesar de contar com a preocupação de centenas de pesquisadores, a tentarem resolver os problemas advindos do processamento e interpretação, vários ainda persistem:

5.4.1 NUVENS

A cobertura máxima tolerável de nuvens por imagem é de 30%, e quanto maior a cobertura menor o valor da imagem para a interpretação.

Analisando os 117 módulos interpretados dos três Estados sulinos, apareceu aliado a nuvens, o problema da neblina próxima a rios. Da área total da pesquisa - 15.916.855 ha, 134.444 ha, representando 0,84%, estavam cobertos por nuvens e neblina.

Assim, resolveu-se efetuar um levantamento, o qual é apresentado no Quadro 07.

QUADRO 07: Cobertura de nuvens e neblina das imagens LANDSAT para o Sul do Brasil

ESTADO	NÚMERO TOTAL DE CENAS	CENAS COM NUVENS E/OU NEBLINA		
		Nº	%	ha
PARANÁ	6	1	7,70	14.789
SANTA CATARINA	5	3	23,08	73.720
RIO GRANDE DO SUL	2	2	15,38	45.935
TOTAL	13	6	46,16	134.444

5.4.2 A QUALIDADE

O motivo pelo qual deve ser aplicado o programa "CORREÇÃO RADIOMÉTRICA" nas fitas CCT, é para que se efetue a "limpeza" dos "padrões de ruído".

Estes defeitos são devidos a ruídos no processo de captação dos sinais ou falhas no processamento dos dados.

5.4.3 INCLINAÇÃO DO SOL E SOMBRAS

As variações de inclinação do Sol durante o ano produzem variações nas tonalidades dos objetos. Num ângulo pequeno, são produzidas imagens escuras, com sombras, e foi principalmente por causa deste problema que se aplicou o programa "CONTRAST STRETCH".

Outros problemas de aspecto secundário foram encontrados, tais como: demasiada demora na entrega dos produtos e análise muito vagarosa e onerosa das fitas CCT.

6. CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo principal, o estabelecimento de uma metodologia básica de avaliação das florestas de *Araucaria angustifolia* através de dados orbitais do satélite LANDSAT e a conseqüente determinação quantitativa daquelas formações florestais.

Analizando os resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

6.1 GERAIS

Os dados orbitais possuem um grande potencial para fornecimento de informações básicas sobre as interrelações dos aspectos terrestres e sobre os critérios de interpretação visual, em mapeamentos florestais.

Não resta a menor dúvida de que a melhor fonte de informações dos sistemas de sensoriamento remoto, provêm ainda da interpretação de fotografias aéreas convencionais, apesar de que as imagens LANDSAT se constituem numa excelente fonte de informações complementares.

A visão sinóptica constitui-se numa das maiores vantagens deste sistema de sensoriamento remoto, quando aplicada no Manejo Florestal.

A utilização de dados temporais (imagens em datas diversas) é um poderoso auxiliar na interpretação de padrões de tipologia florestal.

O trabalho de campo é essencial na verificação de aspectos da tipologia interpretada, solidificando a definição dos padrões anteriormente estabelecidos e eliminando o critério subjetivo da interpretação.

Algumas classes de uso da terra tais como, regiões de campos, áreas de atividades agrícolas, locais de queimadas e incêndios e terrenos reflorestados são facilmente caracterizados através das formas geométricas; pela tonalidade de cinza nas imagens preto e branco e pelos diferentes tons de verde nas combinações de cores.

Analizando o ritmo de exploração para o Estado do Paraná, o qual deve ser considerado como representativo, segundo MAACK³², a cobertura original de Araucaria era de 16.848.200 ha, o que correspondia a 83,7% do território paranaense; atualmente está reduzida a 316.620 ha, o que representa 1,57% do território paranaense e 1,88% da área florestal primitiva.

Finalmente, o critério subjetivo da interpretação visual, poderá ser bastante aperfeiçoado com a interpretação automática de imagens LANDSAT.

6.2 INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS MONOCROMÁTICAS

Para fins florestais, os canais 5 e 7 apresentaram-se mais informativos que os canais 4 e 6.

Foi possível separar áreas florestais de áreas não florestais.

As imagens do canal 5, em escalas de 1:1.000.000 e 1:250.000, permitem uma separação aceitável, das florestas da

região. No entanto, a escala de 1:250.000 é mais informativa que a escala de 1:1.000.000.

A rede de estradas e a localização de cidades é bem delineada através do canal 5, bem como a rede de drenagem é facilmente identificada no canal 7; os afluentes podem ser identificados através das matas ciliares.

6.3 INTERPRETAÇÃO VISUAL DOS DIAPOSITIVOS COLORIDOS

A metodologia adotada permitiu identificar não só a fisionomia e a estrutura das formações florestais, como também separar e cartografar a Araucaria em até três níveis de classificação, dentro do quadro fitogeográfico regional.

As composições coloridas, em escala de 1:250.000, que apresentaram os melhores resultados foram:

- a) colorido normal com alongamento dos contrastes
- b) inverso do colorido normal com alongamento dos contrastes.

É possível ter uma noção bem clara da relação solo-vegetação e do contraste de coloração entre a Araucaria e as outras formações vegetais.

Não foi possível visualmente, a separação de reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus spp.* Em geral, os reflorestamentos aparecem nas combinações de cores em níveis de verde uniforme e bem mais claros que o resto da vegetação.

As queimadas são áreas facilmente identificáveis em quaisquer das combinações utilizadas.

O emprego de mapas anteriores aliados à utilização das fitas CCT no Sistema I-100 demonstraram grande aplicabilidade no mapeamento de extensas áreas com florestas de *Araucaria angustifolia*.

7. RESUMO

Esta pesquisa foi realizada na região Sul do Brasil, objetivando avaliações qualitativa e quantitativa das florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, utilizando dados orbitais dos satélites da série LANDSAT.

Através da interpretação visual de imagens monocromáticas, a *Araucaria* caracterizou-se como espécie de baixa reflexão, diferenciando-se com um contraste tonal escuro.

Foi desenvolvida uma metodologia baseada na técnica de realce de cores, para definir a tipologia e separar as matas de Pinheiro das demais áreas florestadas, e então obtidos diapositivos em diversas combinações de cores, no vídeo do Sistema I-100.

A análise revelou novamente que a *Araucaria* possui um alto poder de assimilação de energia solar, diferenciando-se das demais formações vegetais, principalmente folhosas, aparecendo com uma tonalidade verde-escura característica.

Para o mapeamento foram definidos os seguintes tipos florestais:

TIPO I - Floresta de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., pura de produção, com densidade de 80 a 100%.

TIPO II - Floresta de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., com densidade de 50 a 80%.

TIPO III - Floresta latifoliada com baixa incidência de *Araucaria angustifolia*.

TIPO IV - Reflorestamento com *Araucaria angustifolia*.

TIPO V - Reflorestamento com outras essências.

As áreas em hectares de cada Grupo identificado no trabalho são as seguintes:

GRUPO	HECTARES	PERCENTAGEM
I	120.776,56	0,76
II	444.642,20	2,79
III	2.353.307,86	14,78
IV	13.379,73	0,08
V	121.879,70	0,77
TOTAL	3.053.985,90	19,18

A avaliação quantitativa apresentou 565.419 ha remanescentes de florestas nativas de *Araucaria angustifolia*, o que corresponde a 64% da área existente em 1974, e pressupondo um ritmo de desmatamento de 79.294 ha por ano.

Os resultados obtidos mostram que imagens LANDSAT podem ser utilizadas satisfatoriamente em levantamentos florestais.

SUMMARY

This research was carried out in the South of Brazil and had as its principal aim a qualitative and quantitative evaluations of the *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze forests using Landsat imagery.

Trough visual interpretation of monochromic images, *Araucaria* could always be identified by its low reflectance characteristic giving a dark tone wich differentiated it from the surrounding forest.

A methodology of analysis was developed using the technique of colour enhancement to define the types of forest and to separate the areas of Paraná Pine from the rest of the forested areas.

Then diapositives were obtained from the television screen used in the I-100 computer analysis system, showing different colour combinations wich enhanced certain analytical features.

The analysis revealed that *Araucaria* absorbs a high level of solar energy giving a dark green characteristic wich differentiates it from other vegetation, principally deciduous forests.

The following forest types were defined in the mapping:

TYPE I - *Araucaria angustifolia* pure stands, with 80 to 100% density

TYPE II - *Araucaria angustifolia* stands with 50 to 80% density

TYPE III - Hardwood forests with a low density of *Araucaria angustifolia*

TYPE IV - Plantations of *Araucaria angustifolia*

TYPE V - Plantations of other species

The areas in hectares of each of the Groups identified in the survey are as follows:

Group	Hectares	Percentage
I	120,776.56	0.76
II	444,642.20	2.79
III	2,353,307.86	14.78
IV	13,379.73	0.08
V	121,879.70	0.77
TOTAL	3,053,985.90	19.18

The quantitative evaluation showed that 565,419 ha of native forests of *Araucaria angustifolia* remain which is 64% of the 1974 area and represents a deforestation rate of 79,294 hectares per year.

The results of the study confirm that Landsat data can be successfully used in forest surveys.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASHLEY, M.D. & REA, J. Seasonal vegetation differences from ERTS imagery. Photogram. Eng., 41(6):713-720, 1976.
2. BARBOSA, M.N.; PINHEIRO, E.S.; TAVARES, L.P. Manual de usuário de dados do satélite ERTS (LANDSAT). São José dos Campos, INPE, 1975. (INPE, 668-NTE/009).
3. BATISTA, G.T.; AOKI, H.; HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. Uso de dados orbitais para avaliação de povoamentos florestais artificiais. São José dos Campos, 1976. (INPE, 879-NTI/067).
4. BERLIN, G.L. Preliminary geologic analysis of Southwest Jordan from computer enhanced Landsat-I image data. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, 42. Washington, D.C., 1976. Proceedings. p. 22-28.
5. CAMARGO, M.N. & BENNEMA, J. Delineamento esquemático dos solos do Brasil. B. Técnico, DPFS, MA.1., 1966.
6. CERENA, Inventário de Reconhecimento do Pinheiro no Sudoeste do Paraná. Curitiba, UFPR/DGTC/FAO, 1966. 93 p.
7. COLVOCORESSES, A.P. Proposed parameters for an operational Landsat. Photogram. Eng., 43 (9):1139-1145, 1977.
8. COLWELL, R.N. Applications of remote sensing in agriculture and forestry. In: EARTH RESOURCES SURVEY SYSTEM. Proceedings. Washington, D.C., 1971. V.1, p. 67-90.
9. CREA, W.J. Agriculture, forestry, range resources. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 3., Washington, D.C., Dec., 1973 V.3, p. 1-12.
10. DILLEWIJN, F.J. VAN.; MACHADO, S.A.; BITTENCOURT, J.B. Curso de inventário florestal. Curitiba, Faculdade de Florestas, 1971, 229 p. (apostila).
11. DISPERATI, A.A. & KEECH, M.A. Uso da imagem de satélite para o desenvolvimento florestal. Floresta, 7 (2) : 46-51, 1976.

12. DOYLE, F.J. The next decade of satellite remote sensing. Photogramm. Eng. 44 (2) : 155-164, 1978.
13. FISCHER, W.A. Progress in remote sensing. Photogrammetria. 32 (2) : 33-72, 1977.
14. GAUSMAN, H.W. Relation of *Peperomia obtusifolia*'s anomalous leaf reflectance to its leaf anatomy. Photogram. Eng. 43 (9) : 1183-1185, 1977.
15. GIMBARZEVSKI, P. ERTS-1 imagery in biophysical studies. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 2., Ottawa, 1974. Proceedings. V.2, p. 391-403.
16. GOLFARI, L. Coníferas aptas para reflorestamento nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. B. Técnico. IBDF, 1. 1970.
17. HEATH, G.R. ERTS data tested for forestry applications. Photogram. Eng., 40 (9) : 1087-1091, 1974.
18. HEATH, G.R. & PARKER, H.D. Forest and range mapping. In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1. New Carrollton, Maryland, 1973. V.1, p. 167-172.
19. HELLER, R.C. Analysis of ERTS imagery - problems and promises for foresters. In: HILDEBRANDT, G., ed. Remote sensing in forestry. Freiburg, University, 1973. p. 373-386.
20. —. Remote sensors for airborne and spaceborn imagery. In: HILDEBRANDT, G., ed. Proceedings symposium IUFRO S 6.05. Freiburg, University, 1976. p. 37-52.
21. HILDEBRANDT, G. Die spektralen reflexionseigen schaften der vegetation. In: HILDEBRANDT, G., ed. Remote sensing in forestry. Freiburg, University, 1973. p. 9-22.
22. HUECK, K. As florestas da América do Sul. São Paulo, Polígono, 1972. 466 p.
23. KALENSKY, Z. & SCHERK, L.R. Accuracy of forest mapping from Landsat computer compatible tapes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 10., Michigan, Oct., 1975 p. 164-165.
24. KEECH, M.A.; DISPERATI, A.A.; GANTZEL, O.L; KIRCHNER, F.F. Fotointerpretação florestal e sensoriamento remoto. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias. Curso de Engenharia Florestal. (não publicado).
25. KING, R.B. & RAINS, A.B. A Comparison of ERTS imagery with conventional aerial photography for land - resource surveys in less developed countries. Exam-

ples from the Rift Valley Lakes Basin, Ethiopia. In: ESRO - EUROPEAN EARTH RESOURCES SATELLITE EXPERIMENTS SYMPOSIUM, Frascati, Italy, Jan./Feb., 1974 Proceedings. p. 371-379. (ESRO, SP-100).

26. KIRBY, C.L. Forest and land inventory using imagery and aerial photography in the Boreal Forest Region of ALBERTA, Canada. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SYMPOSIUM, 3., Washington, D.C., Dec., 1973 V.1, p. 127-136.
27. KLEIN, R.M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. Sellowia, 12 : 17-44, 1960.
28. LEE, Y.J. Are clear-cut areas estimated from Landsat imagery reliable? In: EARTH RESOURCES SURVEY SYMPOSIUM, Houston, Texas, Jun. 1975. p. 105-114.
29. —. Reliability of estimating clear-cut and uncut mature timber areas using Landsat imagery. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 3., Alberta, Canada, Set.1975, p. 265-271.
30. LOPEZ-CUERVO, S. Estudio de recursos naturales agroforestales. In: SIMPOSIO PANAMERICANO SOBRE SENSORES REMOTOS, 1., Panama, 1973. Proceedings. p. 90-96.
31. LUBE, B.M. & RUSSEL, J.D. A short course on remote sensing. Photogram. Eng., 43 (3) : 299-302, 1977.
32. MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba, CODEPAR, 1968. 350 p.
33. MAGNANINI, R.L.C. Mapa climático. In: BRASIL - Conselho Nacional de Geografia. Geografia do Brasil. Grande região Sul. Rio de Janeiro, 1963, 215 p.
34. MURTHA, P.A. SO₂ damage to forests recorded by ERTS-1. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., Washington, D.C., Dec., 1973 V.1, p.137 - 143.
35. MURTHA, P.A. & WATSON, E.K. Mapping of forest clear-cutting, South Vancouver Island from Landsat imagery. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 31, Edmonton, Alberta, Sep., 1975 p. 22-24.
36. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. Active microwave users workshop report: Held at Lyndon B. Johnson Space Flight Center, Houston, Texas, July. 1975. Proceedings. p. 97-110.
37. —. Data users handbook - ERTS. Maryland, Goddard Space Flight Center, Section F. 2.3, 1973.

38. NIMER, E. A Conservação da Natureza ante a exploração econômica da Amazônia. Revista Brasileira de Geografia, 37 (2) : 44-76, 1975.
39. —. Climatologia da região Sul do Brasil. R. Bras. Geografia, 33 (4) : 3-65. 1971.
40. NOSSEIR, M.K.; PALESTINO, C.V.B.; BATISTA, G.T. Mapeamento da vegetação natural dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (Região Leste do Brasil), através de imagens MSS do ERTS-1. São José dos Campos, INPE, Fev., 1975. (LAFE, 617).
41. OLIVEIRA, B. As regiões de ocorrência normal da Araucária. An. Bras. Econ. Flor., 1 : 185-199, 1948.
42. OLSON, C.E. JR. Collection and processing of multispectral imagery. In: IUFRO. Application of remote sensors in forestry. Freiburg, 1971. p. 7-20.
43. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Manual de inventario forestal con especial referencia a los bosques mixtos tropicales. Roma, 1974. 195 p.
44. PARANÁ. Universidade Federal. Centro de Pesquisas Florestais. Estudo das alternativas técnicas, econômicas e sociais do setor florestal do Paraná. Subprograma "matéria-prima". Convênio SUDESUL, GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, IBDF. Curitiba, 1974. 339 p. 7 mapas.
45. PELLICO NETO, S. Recursos florestais do Sul do país. Floresta, 3 (2) : 68-74. 1971.
46. PROSPEC. Fotointerpretação e mapeamento das reservas de Araucária angustifolia. 1977. 219 p. (Relatório não publicado do contrato MA/IBDF/PROSPEC).
47. RABCHEVSKI, G.A. Temporal and dynamic observations from satellites. Photogram. Eng. 43 (12):1515-1518, 1977.
48. ROGERS, R.L. Problemas silviculturais da *Araucária angustifolia*. An. Bras. Econ. Flor., 6 : 308-359, 1953.
49. SAYN-WITTGENSTEIN, L. A first look at Canadian ERTS experiments in forestry. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, Greenbelt, Maryland, Sep. 1972.
50. —. The Mackenzie River valley as seen from ERTS. In: HILDEBRANDT, G., ed. Remote sensing in forestry. Freiburg, University, 1973. p. 17-21.
51. SAYN-WITTGENSTEIN, L. & WIGHTMAN, J.M. Landsat applications in Canadian forestry. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 10., Michigan, Oct., 1975. p. 1209-1218.

52. TITUS, S.; GIALDINI, M.; NICHOLS, J. A total timber resource inventory based upon manual and automated analysis of Landsat-1 and supporting aircraft data using stratified multistage sampling techniques. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 10., Michigan, Oct., 1975. p. 1094-1099.
53. VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. de Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT-1) como base para levantamentos de solos. São José dos Campos, INPE, jul, 1976 (INPE, 912-TPT/030).
54. VAN GENDEREN, J.L. Visual interpretation of remote sensing data and electronic enhancement techniques. In: — & COLLINS, W.G., eds. Remote sensing data processing. Sheffield, Remote Sensing Society, 1975. p. 19-52.
55. VAN ES, E. The dry deciduous forests of Bastar, Central India, on LANDSAT-1. ITC Journal, 2 : 333-340, 1976.
56. WESTIN, F.C. Landsat spectral signatures: studies with soil associations and vegetation. Photogram. Eng. 44 (3) : 315-325, 1978.
57. WIEGAND, C.L.; GAUSMAN, H.W.; CUELLAR, J.A.; GERBERMANN, A.H.; RICHARDSON, A.J. Vegetation density as deduced from ERTS-1 MSS response. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 93-116.
58. WILLIAMS, D.L. & COINER, J.C. Utilization of Landsat imagery for mapping vegetation on the millionth scale. In: NASA EARTH RESOURCES SURVEY SYMPOSIUM. Proceedings. Texas, Jun., 1975. V.1A, p. 53-65.
59. WILLIAMSON, A.N. Corrected Landsat images using a small computer. Photogram. Eng., 43 (9) : 1153-1159, 1977.
60. WINQUIST, E. & JACKSON, C. The monitoring of timber harvesting and forest fires in Alberta. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 3., Alberta, Canada, Sep., 1975. p. 273-280.
61. WONG, K.W. Automatic soil identification from remote sensing data. Photogram. Eng. 43 (1) : 73-80, 1977.
62. YASSOGLOU, N.J.; SKORDALAKIS, E.; KOUTALOS, A. Application of ERTS-1 imagery to land use, forest density and soil investigations in Greece. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., Washington, D.C., Dec., 1973. V.1, p. 159-182.